FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1924 — THÈSE — N° _

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Victor-Henri DHERS

Né le 28 avril 1894, à Paris

ESSAI DE CRITIQUE THÉORIQUE

DES

TESTS DE FATIGUE

Président : M. LÉON BERNARD, *professeur.*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & Cie, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1924

LE DOYEN... M. ROGER

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	NICOLAS.
Anatomie médico-chirurgicale	CUNÉO.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	André BROCA.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie	BEZANÇON.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBÉ.
Pathologie médicale	SICARD.
Pathologie chirurgicale	LECÈNE.
Anatomie pathologique	LETULLE.
Histologie	PRENANT.
Pharmacologie et matière médicale	RICHAUD.
Thérapeutique	CARNOT.
Hygiène	Léon BERNARD
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MÉNÉTRIER.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
Clinique médicale	GILBERT. CHAUFFARD. ACHARD. WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
Clinique chirurgicale	DELBET. HARTMANN. LEJARS. GOSSET.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique urologique	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE. BRINDEAU. JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	BROCA Auguste
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	DUVAL.
Clinique propedeutique	SERGENT.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.	
ABRAMI	Pathologie médicale
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.
AUBERTIN	Pathologie médicale.
BASSET	Pathologie chirurgicale.
BAUDOUIN	Pathologie médicale.
BINET	Physiologie.
BLANCHETIÈRE	Chimie biologique.
BRANCA	Histologie.
BRULÉ	Pathologie médicale.
BUSQUET	Pharmacologie et matière médicale.
CADENAT	Pathologie chirurgicale.
CHAMPY	Histologie.
CHIRAY	Pathologie médicale.
CLERC	Pathologie médicale.
DEBRÉ	Hygiène.
I. de JONG	Anatomie pathologique.
DUVOIR	Médecine légale.
ÉCALLE	Obstétrique.
FIESSINGER	Pathologie médicale.
FOIX	Pathologie médicale.
GARNIER	Pathologie expérimentle.
HARVIER	Pathologie médicale.
HEITZ-BOYER	Urologie.
HOVELACQUE	Anatomie.
JOYEUX	Parasitologie.

MM.	
LABBÉ (Henri)	Chimie biologique.
LARDENNOIS	Pathologie chirurgicale
LE LORIER	Obstétrique.
LEMAITRE	Oto-rhino-laryngologie.
LEMIERRE	Pathologie médicale.
LÉVY-SOLAL	Obstétrique.
LHERMITTE	Pathologie mentale.
LIAN	Pathologie médicale.
MATHIEU	Pathologie chirurgicale.
METZGER	Obstétrique.
MOCQUOT	Pathologie chirurgicale
MONDOR	Pathologie chirurgicale.
MOURE	Pathologie chirurgicale.
MULON	Histologie.
PHILIBERT	Bactériologie.
RIBIERRE	Pathologie médicale.
RICHET Fils	Physiologie.
ROUVIÈRE	Anatomie.
STROHL	Physique médicale.
TANON	Pathologie médicale.
TIFFENEAU	Pharmacologie et matière médicale.
VAUDESCAL	Obstétrique.
VERNE	Histologie.
VILLARET	Pathologie médicale.
WELTER	Ophtalmologie.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.	
CAMUS	Physiologie.
GOUGEROT	Pathologie médicale.
GUÉNIOT	Obstétrique.

MM.	
RETTERER	Histologie.
ROUSSY	Anatomie pathologique.

IV — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

à titre permanent

MM.	
AUVRAY.....	Clinique chirurgicale.
CHEVASSU	Clinique chirurgicale.
LAIGNEL-LAVASTINE	Clinique médicale.
LEREBOULLET.	Clinique médicale infantile.
LÉRI	Clinique médicale.
LŒPER	Clinique médicale.

MM.	
OMBRÉDANNE.	Clinique chirurgicale infantile.
PROUST	Clinique chirurgicale.
RATHERY.....	Clinique médicale.
SCHWARTZ ...	Clinique chirurgicale.
TERRIEN.....	Cliniq. ophtalmologique.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM MAUCLAIRE, agrégé.....	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY.....	Stomatologie.
N.....	Éducation physique.
LEDOUX-LEBARD.....	Radiologie clinique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

À MON PÈRE, A MA MÈRE

À MA SŒUR

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. le Docteur LÉON BERNARD

Professeur à la Faculté de Médecine
Médecin de l'Hôpital Laënnec
Membre de l'Académie de Médecine
Membre du Comité d'Hygiène de la Société des Nations

A TOUS MES MAITRES

DE LA FACULTÉ ET DES HOPITAUX

A M. ALBERT THOMAS

Au Docteur L. CAROZZI

Au début de ce travail, qui termine nos études médicales, nous éprouvons une grande satisfaction à témoigner à nos parents et à notre sœur, l'expression de notre profonde tendresse.

Nous adressons nos hommages respectueux et notre reconnaissance à nos Maîtres de la Faculté et des Hôpitaux, et nos plus vifs remerciements à notre Président de thèse, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de la présider.

Enfin, ce nous est un devoir particulièrement agréable, que de dire à M. Albert Thomas que notre thèse a été grandement facilitée par la riche documentation du Bureau international du Travail, et de remercier le chef de la section d'Hygiène et de la Sécurité du travail du Bureau, le Dr L. Carozzi, qui nous a prodigué ses conseils dans la présente étude.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS 1

LES DONNÉES DU PROBLÈME 5

I. — LA FATIGUE INDIVIDUELLE 9

La sensation de fatigue 10

La fatigue objective 14

Liste des tests de fatigue 15

Première catégorie de tests : modifications de l'état physiologique général 17

Modifications des urines 18

Volume, acidité, sels urinaires, excrétion azotée, créatinine, urée, acide urique, ammoniaque, azote total, toxicité, modifications anormales, albuminurie, cylindrurie, acétonurie, hémoglobinurie.

Modifications sanguines 20

Nombre des globules rouges, résistance globulaire, nombre des leucocytes, concentration sanguine, viscosité, densité, coagulation, alcalinité, glycémie, produits de défense, diastases, substances réductrices. perméabilité rénale, sueur.

Echanges respiratoires, calorimétrie, variations de température et de poids 27

Consommation d'oxygène, élimination d'acide carbonique, quotient respiratoire, vitesse de retour à la normale, calorimétrie, variations de température, variations de poids.

Modifications cardio-vasculaires 31

Pouls artériel, pouls capillaire, pression artérielle, indice oscillométrique, retour à la normale, vitesse sanguine, cardiogrammes, tonus vasculaire, répartition du sang, volume du cœur, électrocardiographie.

Modifications respiratoires 42

Rythme, fréquence, amplitude, débit, pression de l'air inspiré et expiré, efficacité respiratoire.

Modification des réflexes 45

Réflexe rotulien, autres réflexes.

Chronaxie 48

Deuxième catégorie de tests : modifications du fonctionnement physiologique de systèmes déterminés de l'organisme 48

Tests musculaires 49

Force et endurance 49

Dynamomètres, outils inscrivants, peson à ressort de Martin.
Amplitude et régularité 56
Ergographe, tests de visée.
Coordination et Contrôle musculaire 62
Tremblement, traçage.
Vitesse 65
Test de tapage.
Tests sensoreils 67
Sens musculaire 67
Notion de position des membres, équilibre statique, résistance musculaire, illusion musculo-visuelle de soupèsement.
Sensibilité cutanée 72
Pression, algésimétrie, esthésiométrie.
Sensations visuelles 76
Acuité, champ visuel, perception des couleurs, persistance des impressions rétiniennes disparates simultanées, durée de l'accomodation, étendue du pouvoir d'accomodation.
Sensations auditives 79
Acuité, discrimination chromatique.
Temps de réaction 81
Tests mentaux 85
Attention 86
Méthode de Kraepelin, barrage, énonciation, test de Mc Dougall, activités disparates simultanées.
Mémoire 92
Association 93
Calculs, mots associés, combinaison.
Critique générale des Tests psycho-physiologiques 98
II. — La fatigue industrielle 108
Caractère, nature, causes : durée du travail, milieu du travail, nature du travail ; facteurs individuels ; organisation scientifique du travail, symptomatologie individuelle et reflets sociaux. Tests industriels.
Le rendement 118
Les accidents 127
La morbidité ; le temps perdu ; la mortalité 138
La consommation de force motrice 146
Les malfaçons 148
Le roulement de la main-d'œuvre 150
Critique générale des tests industriels 151
III. — Critique générale des tests de fatigue 155
IV. — Conclusions 164
Bibliographie 167

ESSAI DE CRITIQUE THÉORIQUE

DES

TESTS DE FATIGUE

AVANT-PROPOS

Le problème de la détermination de la fatigue est à l'ordre du jour.

Si aucune époque de l'Histoire n'a été traversée par de tels bouleversements et paralysée par un malaise économique aussi intense, réagissant à son tour sur les conditions de la vie sociale, nulle période n'aura mieux montré que, dans l'œuvre de reconstruction urgente, les questions du travail tiennent la première place, nécessité qui a été consacrée dans le Traité de Paix. La Partie XIII du Traité de Versailles, en effet, et les parties similaires des autres traités, établissent une organisation internationale du Travail, et prévoient l'existence d'un Bureau international du Travail et d'une Conférence annuelle groupant, pour étudier les questions en relevant, les différents Etats Membres et, dans ceux-ci, les éléments intéressés (Gouvernements, employeurs et employés).

Les problèmes relatifs à l'organisation du travail, la réduction des heures, la protection contre les maladies et les risques professionnels, l'augmentation de la production, le développement du machinisme, la standardisation des méthodes, cessent d'être réservés aux seuls techniciens pour être diffusés dans le domaine plus général de la discussion publique.

Socialement et techniquement, le médecin ne peut rester indifférent à ces problèmes : socialement parce qu'aucune manifestation de la vie humaine ne doit lui rester étran-

gère; techniquement parce qu'un grand domaine lui appartient dans l'organisation scientifique du travail, celui de la physiologie et de la pathologie. Le Travail, résultat d'efforts physiques ou intellectuels, qu'il consiste en de l'énergie mécanique totale dépensée, ou qu'il soit la somme de processus d'idéation et de conception, ne peut aboutir à un résultat raisonnable qu'avec une organisation méthodique, celle-ci reposant en définitive sur des bases physiologiques.

Si la fatigue, « cri d'alarme de l'organisme en lutte avec la matière », qui caractérise le moteur humain, diminue le plus rapidement sa puissance productrice avec toutes ses conséquences économiques, elle est aussi un des dommages professionnels les plus graves, d'autant plus que dans le domaine industriel, elle se présente sous un aspect spécial. Il ne s'agit plus d'un malaise plus ou moins intense éprouvé après un effort, mais d'un état insidieux installé progressivement et ne révélant sa présence — lorsqu'il existe depuis longtemps déjà — que par ses effets sur la santé individuelle, et ses divers retentissements sur la vie économique et sociale.

C'est au médecin qu'il appartient de diagnostiquer la fatigue et le surmenage pour soustraire à leur influence les individus qui n'ont pas les capacités physiques requises. Toutefois, les travaux scientifiques effectués sur la fatigue semblent être restés surtout dans le domaine spéculatif, et il ne semble pas que l'on ait assez systématiquement recherché des épreuves pratiques de dépistage de la fatigue (tests de fatigue). Aussi, malgré la multiplicité des travaux et des publications parues dans ces dernières années, les techniques adoptées ou proposées actuellement semblent-elles imprécises et passibles de nombreuses objections. Si les quelques résultats essentiels unanimement admis font l'objet de publications devenant de jour en jour plus classiques, les critiques reconnues sont ou éparpillées ou à peine formulées, comme pour ne pas porter atteinte à la somme d'efforts effectués dans l'étude des tests.

C'est là du moins l'impression qui s'est dégagée pour

nous au cours du dépouillement de la littérature récente sur la question, où il nous a été parfois difficile de faire toute la lumière nécessaire au sein d'informations disparates, erronées ou intéressées, ou de travaux qui n'avaient pas toujours la rigueur scientifique désirable, de principe et d'exécution.

Nous allons commencer par rappeler rapidement quelques-uns des problèmes soulevés par la fatigue, examiner la valeur des épreuves psycho-physiologiques qui ont été proposées pour le diagnostic de la fatigue individuelle, ainsi que celle des tests statistiques utilisés pour le dépistage de la fatigue industrielle. Exposant pour chacun d'eux en particulier et pour chacune de ces deux catégories les critiques qui nous paraissent devoir être formulées, nous terminerons par un essai de critique générale où nous exposerons les raisons qui, à notre avis, s'opposent, à l'heure actuelle, à la réalisation pratique du problème.

L'excuse du travail tout bibliographique, sans aucune prétention de recherches personnelles, que nous présentons aujourd'hui, se trouve dans la pensée que nous avons eue qu'il y aurait intérêt à faire une mise au point critique du problème, et à signaler quelques-unes des objections de principe et de fait qui nous semblent devoir être soulevées.

Nous paraissons sortir quelque peu du domaine classique; la mise au point d'un problème de médecine du travail n'est pas, toutefois, œuvre inutile; le champ quoique bien déterminé en est vaste, sans cesse accru avec les progrès de la science, et comme la médecine sociale, la médecine du travail ne peut qu'artificiellement être dissociée de la grande science médicale.

Il y aurait lieu, semble-t-il, d'en développer la connaissance au cours de nos années d'étude; personnellement, à mesure que nous avons appris à les connaître, ce n'a pas été une mince surprise que de découvrir tout le domaine des intoxications industrielles, avec leur pathologie et leur thérapeutique spéciale ainsi que le champ encore plus vaste de la fatigue du travail. Questions pri-

mordiales sur lesquelles nos programmes officiels d'enseignement n'insistent malheureusement pas assez; l'examen du mouvement étranger en la matière est particulièrement suggestif.

Et pourtant, avec les dommages incessants dus à l'organisation moderne de la vie industrielle, la pathologie du travail doit avoir une place aussi importante que la pathologie constitutionnelle et infectieuse. Dans une organisation rationnelle de la société moderne, elle est appelée à jouer un rôle considérable dans la détermination de principes vraiment scientifiques d'économie et de sociologie.

LES DONNÉES DU PROBLÈME

Le mot fatigue est l'un des plus usités du langage humain et désigne un état physio-pathologique essentiel de l'organisme, une défense biologique contre l'excès d'activité vitale due au travail. Si, dans notre connaissance courante, il semble se rapporter à un état déterminé et précis et à des causes bien définies, physiques, intellectuelles, morales, la définition scientifique en est malaisée. La multiplicité des formules qui ont été données en est la preuve. Différentes selon les points d'attaque du problème, la plupart sont, pour le moins qu'on en puisse dire, longues, incomplètes et touffues, dès qu'elles s'efforcent de pénétrer la nature du phénomène.

Si on définit la fatigue comme une perte du pouvoir fonctionnel provoquée par un excès d'activité, et accompagnée d'une sensation caractéristique de malaise et d'une diminution de la capacité de travail (Lagrange), on donne toutefois sa cause principale, ainsi que ses deux manifestations les plus importantes, l'une subjective, l'autre objective.

Le problème de la fatigue soulève d'ailleurs les deux points de vue de la fatigue individuelle et de la fatigue industrielle, celle-ci due à l'organisation moderne de notre vie sociale. Toutes deux ont des symptômes, des moyens de diagnostic et des thérapeutiques différentes.

Si ce problème existe depuis l'origine du labeur humain, ce n'est qu'avec l'industrialisme moderne du XIX^{e} siècle qu'il s'est posé d'une façon scientifique, et ce n'est que depuis peu que la fatigue est considérée, non plus comme une nécessité inéluctable du travail, mais comme un fac-

teur nocif, parasite, qui peut et qui doit être éliminé à tout prix.

Le développement du machinisme et l'évolution de la civilisation, loin de diminuer la fatigue, n'ont fait que l'augmenter, en modifiant les conditions du travail, et en imposant, en définitive, à l'organisme, un effort nerveux plus considérable. Or, l'attention des spécialistes s'est concentrée uniquement sur la partie mécanique de la production, et c'est seulement dans ces dernières années que l'on a compris, devant certains phénomènes économiques de la production, que plus que jamais le moteur humain dominait l'industrie, qu'il était en définitive le maître de la machine.

De tous, le moteur humain est le plus délicat et le plus compliqué, et aussi le plus indispensable : Or, les moyens actuels de l'utiliser sont encore en grande partie empiriques et brutaux, se fondant sur la routine et non sur les principes physiologiques nécessaires.

A plusieurs reprises, la question de la fatigue a été étudiée, tant au point de vue physiologique qu'industriel, dans divers Congrès d'Hygiène et de Médecine : Congrès internationaux d'Hygiène et de Démographie (Budapest : 1894; Paris : 1900; Bruxelles : 1903; Berlin : 1907; Washington : 1912); Congrès internationaux des Maladies professionnelles (Milan : 1906; Vienne : 1914); Congrès nationaux italiens des Maladies professionnelles (Florence : 1909; Turin : 1911; Rome : 1913).

Mais il a fallu la guerre avec sa période de travail intensif et prolongé, pour poser le problème d'une façon aiguë et impérieuse, avec la nécessité immédiate de le résoudre pratiquement. Dans certains pays, des Commissions d'étude de la fatigue industrielle ont été créées (Grande-Bretagne, Canada, Etats-Unis, France, etc.). Dans d'autres (Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Italie), des organismes scientifiques en poursuivent l'étude.

A la mieux connaître, la fatigue apparaît comme une maladie professionnelle plus répandue, plus dangereuse, plus négligée que toutes les autres, parce qu'elle ne cantonne pas ses effets à des industries dites insalubres, mais

qu'elle s'étend à toutes, frappant tous les travailleurs pour lesquels un travail excessif ou des conditions de travail défectueuses demandent un effort qui dépasse les limites physiologiques.

Les conséquences en sont funestes : individuellement : par les incapacités temporaires ou permanentes, les déchéances physiques ou intellectuelles qu'elle entraîne; économiquement : par son retentissement sur la production, diminution directe de rendement, phénomènes indirects consécutifs, accidents, malfaçons, absences; socialement : par le rôle qu'elle joue dans l'étiologie des divers phénomènes sociaux, « l'inquiétude industrielle » notamment. En dehors de ses répercussions d'ordre pratique et matériel, le problème de la fatigue et du surmenage pose la question philosophique et morale de la dignité du labeur humain. Comme les conséquences économiques et sociales ne sont que l'évolution des répercussions individuelles, il faut donc, avant tout, que l'individu ne dépasse pas ses limites physiologiques de travail; ce qui nécessite une détermination des causes de fatigue. Si donc la fatigue latente constitue un risque professionnel grave, sa détermination et son étude approfondie apportent à l'heure actuelle une contribution bienfaisante à l'organisation scientifique du travail. Elle permet, entre autres, de classer les différentes professions et opérations selon leur coût physiologique, de déterminer les principes relatifs aux conditions optima du travail, et à sa durée dans les cas particuliers, l'uniformité de la durée de la journée de travail étant injustifiée (Sommerfeld, Liesse, Kimura), et de fixer les aptitudes qui sont à la base de l'orientation professionnelle.

Le problème des critères ou tests de fatigue, dont on comprend toute la nécessité, consiste à rechercher par l'étude systématique des états physiologiques de l'organisme, ou des manifestations de son activité, des signes évidents, stables, sûrs, permettant de poser le diagnostic précoce de la fatigue; les tests doivent satisfaire à des conditions d'ordre théorique : mesurer la fatigue, et ne varier qu'avec elle; d'ordre pratique : être applicables aisément

à tout moment, sans perte de temps, sans appareillage coûteux ou compliqué, par n'importe qui, à n'importe quel travailleur, à n'importe quel travail, et indiquer si possible la qualité et la quantité de fatigue, pour donner des résultats permettant les différenciations individuelles. L'idée de test implique en outre l'élimination du facteur de variabilité inhérent à ceux qui les utilisent, de sorte que le même test employé par une série d'examinateurs différents donne avec tous exactement les mêmes résultats.

De nombreuses recherches officielles ou privées ont été effectuées au laboratoire ou sur le champ du travail. Il ne semble pas que les résultats acquis dans ce domaine satisfassent aux exigences posées. Cette absence de résultats positifs nous semble tenir évidemment à la nature extrêmement complexe du problème, mais surtout aux méthodes suivies, qui n'ont pas toujours eu toute la rigueur scientifique désirable de conception et d'exécution. Le problème n'a pas toujours été correctement posé et développé, dans le cadre logique sous lequel doivent être groupés les faits acquis et les buts à atteindre. Souvent la connaissance intuitive a été utilisée comme point de départ de certaines recherches, alors qu'il aurait fallu commencer par édifier des bases logiques, et partir de prémices solidement établies. Certaines méthodes, telles que les méthodes psycho-physiologiques, ont été adoptées sans modifications préalables, alors que leur principe et leur technique n'étaient peut-être pas suffisamment adaptées à l'étude de la fatigue. Les critiques expérimentales que ces méthodes ont soulevées ne datent d'ailleurs que de ces dernières années (Lee, Kimura).

Toutefois, les efforts entrepris ont permis une mise au point significative et fructueuse de certains aspects du problème. La recherche des tests de fatigue est-elle une chimère ? La fatigue pourra-t-elle être ramenée à un phénomène précis dans ses diverses modalités, et par conséquent, dans un avenir plus ou moins lointain, à des moyens de mesure adéquats ? C'est là une question qui reste à l'heure actuelle entièrement ouverte.

I

LA FATIGUE INDIVIDUELLE

Work-work-work
Till the brain begins to swim ;
« Work-work-work
Till the eyes are heavy and dim !
. . . . . .
Till the heart is sick, and the brain benumb'd,
As well as the weary hand.

(Thomas Hood, *The song of the shirt*)

Quand on parle de fatigue, individuelle ou collective, il faut immédiatement distinguer : la fatigue latente et la fatigue confirmée.

Entre les deux se place une zone limite où un diagnostic précoce peut être posé grâce à un examen attentif de l'individu et à l'exacte interprétation des signes relevés.

La fatigue confirmée avec ses effets nocifs est bien connue. Toute la littérature classique en donne la symptomatologie (forme légère, aiguë, suraiguë, chronique).

La fatigue précoce est la seule qu'il importe de dépister avant qu'elle n'entre dans la zone pathologique. Tous les physiologistes sont d'accord pour considérer qu'il existe une fatigue normale, inévitable, qui a un rôle de défense et qui pourrait être même considérée comme bienfaisante par son action tonique, et une fatigue pathologique néfaste au delà d'une certaine limite. La détermination du seuil de la fatigue est le point d'attaque du problème au point de vue prophylactique.

La fatigue individuelle se présente sous deux aspects, l'un subjectif, sensation de lassitude (Müdigkeit, Weari-

ness), l'autre objectif, inefficacité fonctionnelle (Ermüdung, Fatigue).

LA SENSATION DE FATIGUE

La fatigue au sens biologique du mot et la sensation de fatigue sont deux notions qui sont à séparer l'une de l'autre. Au sens biologique, elle est un phénomène se produisant dans toute formation organique irritable, et consiste dans la perte graduelle de l'excitabilité des organes soumis à un excès de travail. Au sens psychophysiologique du mot, elle est une somme de sensations de degrés et de persistance divers et qui, non définissables en partie, entraînent un besoin de repos et s'accompagnent d'un dégoût pour le travail.

Dans la majorité des cas, l'état de fatigue ne nous est d'abord connu que par les sensations éprouvées. Normalement, les indications subjectives de fatigue semblent jouer un rôle défensif, de signal d'alarme, en invitant à la cessation d'une activité qui peut être nuisible : dans le domaine physique, sensation de lassitude et dans le domaine mental, diminution d'attention et impossibilité d'effectuer un contrôle sur les idées perturbatrices.

Ces sensations sont si universelles et si facilement reconnues qu'on a longtemps cru qu'elles pourraient servir de pierre de touche, mais, en définitive, elles n'ont qu'une valeur toute relative, n'étant pas une expression caractéristique de fatigue, par conséquent ne marchant pas de pair avec la diminution de capacité de travail. Cela tient à ce que les sensations ne correspondent pas toujours à la réalité, et à ce qu'elles ne se prêtent pas facilement à la mesure.

Quatre raisons viennent à l'appui de cette affirmation : Les sensations subjectives ne correspondent pas à la réalité physiologique de la fatigue. Les sensations dites de fatigue ne proviennent pas seulement de la fatigue, mais dépendent de phénomènes physiologiques et psychologiques. Il n'y a pas d'équivalent objectif des sen-

sations subjectives. Les phénomènes subjectifs sont incontrôlables.

Il faut éliminer tout de suite une grosse cause d'erreur dans la perception de la sensation : la confusion entre fatigue et douleur, celle-ci pouvant être accidentelle (effort exagéré ou maladroit, attitude défectueuse, état pathologique). Dans le cas de la fatigue statique, la distinction est particulièrement délicate (sensations associées provenant des tendons, ligaments et muscles).

La sensation de fatigue ne correspond ni quantitativement ni qualitativement à l'état de fatigue. Elle n'est pas un signe précoce et ne coïncide pas avec la réalité des phénomènes physiologiques. Elle apparaît d'une façon soudaine, alors que la fatigue s'accumule progressivement dans l'organisme : et ce n'est qu'à un certain degré de saturation qu'elle arrive à la conscience.

L'expérience et l'analyse ont montré que l'on sent souvent sa fatigue ailleurs qu'elle n'est réellement, d'où toute une catégorie de sources d'erreur (Bloch, Zuntz et Schümberg).

La question de sensation pose celle du siège de la fatigue et les connaissances précises qui ont pu être acquises sur ce point montrent le peu de correspondance des phénomènes psychologiques et physiologiques. La sensation de fatigue semble produite par l'effort, la fatigue cérébrale (effort central, influx volontaire) (Wundt, Jackson), mais surtout par la fatigue périphérique (articulations, tendons, sensations musuclaires) (Neurologistes contemporains, Ioteyko).

La sensation de fatigue localisée dans les muscles est en réalité un phénomène ayant son siège principal dans les centres nerveux et les terminaisons neuro-musculaires, alors que pour d'autres elle est vraiment périphérique (irritations nerveuses par produits de déchets).

Quantitativement, l'intensité de la sensation ne correspond pas à l'état réel, physique (Bloch, Zuntz, etc.), ou mental (Philipps). La sensation est sujette à des illusions

et à des oscillations (Ioteyko). De plus, la fatigue peut ne pas être perçue, alors qu'elle se traduit par des effets objectifs (diminution qualitative et quantitative du rendement, effets sur la santé).

Tout le monde connaît également cette sorte d'anesthésie, qui, à un certain degré de fatigue avancée, fait qu'on ne la sent plus, soit qu'elle provienne d'une hyperexcitation compensatrice ou de l'épuisement de la fonction sensorielle qui permet d'apprécier les sensations normales de fatigue. Dans certains états pathologiques, la sensation de fatigue peut faire défaut (hystérie, tabès).

Inversement, une sensation de fatigue peut ne pas correspondre à un état de fatigue vraie, même si elle est extrême (fatigue statique; Cathcart et Stevenson), ou ne renseigner nullement sur l'étendue de la fatigue et de sa valeur, notamment dans le travail mental. Il a été démontré expérimentalement, par des tests de laboratoire, qu'une tâche donnée peut être accomplie avec autant d'efficacité et avec autant de rapidité, que l'individu se sente dispos ou fatigué. C'est ainsi qu'un étudiant, quoique se sentant fatigué et incapable de fournir un travail supplémentaire, peut très bien résoudre des problèmes d'arithmétique aussi rapidement et aussi correctement à la fin d'une série durant plusieurs heures, qu'au début.

La sensation de fatigue peut être un symptôme d'autres malaises, d'états morbides, où elle est liée à une diminution du tonus général, à des modifications du métabolisme se traduisant par une diminution de la capacité de travail, et dues à d'autres facteurs que la fatigue.

De plus, les sensations de fatigue sont sous la dépendance de phénomènes psychologiques. Elles sont, en effet, à la fois une perception et une interprétation. En tant que perception, les sensations de fatigue se projettent dans la conscience par l'intermédiaire de l'axe cérébro-spinal et sont influencées par l'action propre de ce système et de tout ce qui peut se réfléchir sur cet organe. Aussi, des états affectifs ou intellectuels peuvent-ils influencer en

grande mesure cette sensation de fatigue (rôle dynamogène de l'excitation, Ayres). En tant qu'interprétation, il faut tenir compte, dans la vulnérabilité à la fatigue, des relations entre la sensibilité qui perçoit la fatigue, et de la volonté qui y résiste, que ces phénomènes soient conscients ou non. On comprend que pour toutes ces raisons, la sensation de fatigue, qui ne coïncide pas avec la réalité des phénomènes physiologiques, ne puisse en être un signe précoce.

Même si la sensation était adéquate à l'état de fatigue, elle ne pourrait pas lui servir de mesure, n'étant pas objectivement mesurable par une valeur physique. Les mots qui la désignent n'en sont d'ailleurs pas un indicatif exact, car en tant qu'interprétation, la sensation de fatigue est exprimée par des formules diverses selon les individus, et les termes de fatigue, surmenage, lassitude, précis dans leur terminologie, diffèrent dans leur compréhension : Ils se rapportent en effet à des sensations subjectives diverses, bien précises pour les différents individus, à qui elles servent de mesure et pour qui elles sont la traduction consciente d'états physiques dépendant en définitive de la capacité de résistance physique ou mentale ou nerveuse de chacun. Les niveaux de fatigue sont donc plus ou moins élevés selon les individus. On se trouve ainsi devant des escaliers ayant des paliers portant les mêmes noms, mais situés à des étages différents et auxquels on accède par des marches de nombre et de hauteur différents. La fatigue comme la douleur ne peut se doser mathématiquement.

Enfin, les données subjectives sont incontrôlables : consciemment ou non, dans des buts louables ou répréhensibles, l'individu peut accuser son état dans un sens (exagération), ou dans l'autre (négation). Si dans certains cas, les sensations de fatigue ne peuvent se contrôler que par la présence ou l'absence de certains phénomènes, connus par l'expérience intuitive, scientifique (observation ou expérimentation, ou les deux) et qui accompagnent

généralement les divers degrés des sensations subjectives de fatigue, le facteur psychique qui conditionne l'intensité échappe à toute détermination.

En résumé, si la fatigue est considérée comme une diminution de capacité de travail, on voit que les sensations subjectives ne sont pas une mesure ni même un signe précoce de la fatigue réelle, et ne présentent aucune corrélation avec celle-ci.

« Dans l'accomplissement du travail mental plus spécialement, des sensations déterminées de fatigue peuvent être éprouvées quand l'enregistrement objectif des phénomènes montre que des quantités croissantes et non décroissantes de travail sont accomplies. Par contre, il peut y avoir une absence totale de sensation de fatigue quand les phénomènes objectifs montrent une diminution ou de quantité ou de qualité, ou des deux, du travail accompli. » (Rivers.)

Cela est d'autant plus regrettable que la sensation de fatigue peut influer soit consciemment soit inconsciemment par son accumulation sur la capacité de travail et en entraîner la diminution (Weber, Dürig), ou causer un état dépressif général symptomatologiquement perceptible (Vernon).

LA FATIGUE OBJECTIVE

La mesure de la fatigue qui se propose de déterminer la diminution de la capacité de travail physique ou intellectuelle fait appel à ces deux ordres de fonction. Les phénomènes objectifs, qui peuvent servir d'indicatif de fatigue, concernent soit l'état statique, soit l'état dynamique de l'organisme, et dans ce dernier cas considèrent les appareils qui ont fonctionné, ou l'ensemble de l'organisme par répercussion générale de l'état de fatigue.

Quels sont ces phénomènes ? Dans quelle mesure correspondent-ils à ce que nous pouvons savoir par ailleurs de la réalité physiologique ? Quelles sont les corrélations à établir ? Dans quelle mesure sont-elles, soit pratique-

ment, soit théoriquement, utilisables ? Quelles sont les sources d'exactitude et d'erreur, que comporte leur méthode d'application ? Telle est en définitive la façon dont se pose le problème.

Il est assez difficile de donner une classification des divers tests de fatigue; ils peuvent être subjectifs ou objectifs, et dans cette dernière catégorie, physiques ou chimiques. Lobsien distingue dans les méthodes physiques cinq groupes et vingt catégories, et dans les méthodes psychiques, deux groupes et douze catégories. On peut distinguer plus simplement les tests où le sujet n'a qu'à se laisser examiner, et reste, en quelque sorte, passif et ceux où on lui demande de répondre à certaines directives et où, pour une part, toute sa personnalité entre en jeu. Un essai de classification peut être le suivant :

A. — *Tests de l'état physiologique*

c'est-à-dire traduisant la répercussion physiologique générale de la fatigue sur le fonctionnement global de l'organisme. C'est encore ce que l'on peut appeler les tests passifs (non-performance tests), qui consistent à mesurer un phénomène déterminé, dont le caractère est regardé comme pouvant être un indicateur possible de la fatigue. Ils visent :

1. *L'état physiologique général.*

a) Modifications chimiques des urines;
b) Modifications chimiques du sang;
c) Variations d'excrétions;
d) Variations des échanges respiratoires;
e) Calorimétrie;
f) Variations du métabolisme : température; modification du poids et de l'appétit.

2. *Le retentissement sur les systèmes physiologiques particuliers.*

a) Phénomènes circulatoires.
1. Variations du pouls artériel, veineux et capillaire;
2. Variations de la pression artérielle;

3. Cardiographie;
4. Phénomènes vaso-moteurs;
5. Répartition du sang dans les différents organes;
6. Variations du volume du cœur.

b) Phénomènes respiratoires.

Fréquence; régularité; rythme ; débit ; pression de l'air inspiré et expiré.

c) Phénomènes nerveux.

1. Variation des réflexes physiologiques;
2. Variations de l'état local des muscles intéressés (chronaxie).

B. — *Tests de la valeur fonctionnelle de l'organisme*

Ce sont les tests d'action ou d'exécution (performance tests), qui peuvent être définis comme demandant au sujet l'accomplissement d'un acte, dont la valeur est considérée comme un indicatif possible de fatigue. Ils mesurent soit la capacité d'action, soit la capacité d'effort des appareils qui ont travaillé ou d'autres appareils physiologiques.

Ce sont :

A. *Les tests musculaires* mesurant :

1. La force musculaire et l'endurance (dynamométrie et tests dérivés);
2. La précision, l'amplitude et la régularité (ergographie, tests de visée et de traçage);
3. La coordination et le contrôle (tests de tremblement);
4. La vitesse musculaire (tests de tapage).

B. *Les tests psycho-physiologiques*; ils comprennent :

1. Les tests sensoriels : Sensations cutanées simples (pression, algésimétrie); ou complexes (esthésiométrie);

Sensations musculaires (notion de position, équilibre statique, notion de résistance);

Sensations visuelles simples (perception des couleurs, acuité visuelle, champ visuel, persistance des sensations

lumineuses); complexes (pouvoir d'accommodation, durée d'accommodation, illusion visuelle);

Sensations auditives simples (acuité auditive, discrimination chromatique).

2. Les temps de réaction simples ou de choix.

3. Les tests intellectuels ou mentaux :

a) Tests d'attention (tests de barrage, de lecture et l'énonciation; activités disparates simultanées);

b) Tests de mémoire d'acquisition intellectuelle (brute et logique).

c) Tests des associations : libres ou dirigées (analogie, calcul, imagination et invention);

d) Tests de logique (compréhension et jugement).

On pourrait encore classer les tests, en tests relatifs à l'appareil qui travaille, aux autres appareils physiologiques, au fonctionnement global de l'organisme, à la capacité d'effort.

Nous allons examiner ces différents tests, montrer leurs principes, leur technique, les indications et les résultats acquis et essayer de formuler les critiques qu'il y a lieu de faire pour chacun d'eux avant de reprendre — dans un chapitre d'ensemble — toute la série plus générale des critiques soit de principe soit d'application, qui peuvent s'appliquer à ces diverses catégories de procédés.

Première catégorie des Tests : Modifications de l'état physiologique général

La physiologie apprend que la fatigue correspond à une rupture d'équilibre, entre les processus d'assimilation et de désassimilation au profit de ces derniers (diminution des substances énergétiques et accumulation de produits de déchets), et qu'elle entraîne des perturbations sur le métabolisme général, qui se traduisent par certaines modifications de l'organisme, les unes de son fonctionnement physiologique, les autres de son chimisme normal. Il est donc logique d'y chercher une mesure de la fatigue.

Les modifications chimiques connues depuis longtemps visent le siège de l'activité : les muscles; les excrétions : gaz respiratoires, sueur, urine, fèces; le milieu de transport : le sang. Mais seule l'étude des urines, des gaz respiratoires, et dans certaines conditions du sang, peut servir pratiquement à la mesure de la fatigue, pendant ou après le travail. D'ailleurs, il importe moins de connaître des substances chimiques définies que de déterminer des modifications facilement décelables pouvant servir de mesure.

MODIFICATIONS DES URINES

Les principales modifications de fatigue des urines intéressent : le volume; l'acidité urinaire; la teneur en sels ; l'élimination azotée, la toxicité, la présence de substances anormales.

On note une diminution de *volume* au cours du travail intensif (Tissié, Aurenche, Loucheux, Preti), allant parfois jusqu'à l'anurie (Hastings), compensée par une augmentation de l'acidité des glandes sudoripares et salivaires et s'accompagnant d'une augmentation de densité des urines (Scott et Hastings).

L'*acidité* urinaire est augmentée (Zuntz et Schümberg, Klüpfel, Janowski, Fustier, Giliberti et Alessi, Dreser, Oddi et Tarulli, Tissié, Mairet, Benedicenti, Giacosa, Guerrini, Scaffidi, Gobbi, Hoffmann, Ringsterdt, Vogarik, Harper et Holliday, Ryffel, Lescœur, Henderson, Campbell et Wester, Talbert, Hastings). Hastings en particulier a étudié récemment la concentration de l'ion hydrogène dans les urines et le sang, et a montré par des recherches précises effectuées sur des ouvriers d'usine, que celle-ci augmentait dans la fatigue. Mais il y a des résultats opposés : Sawicki n'a pas noté d'augmentation d'acidité urinaire dans la fatigue, et Hastings a confirmé les observations d'Aducco qui avait constaté l'alcalinité de l'urine de fatigue par la présence de carbonates alcalins.

Cette augmentation de l'acidité est attribuée selon les

auteurs à des causes différentes dont les plus importantes sont : l'augmentation des chlorures quoique certains (Tissié, Koranyi, Harper, Holliday), en aient noté la diminution, compensée par l'excès d'élimination dans la transpiration (Viale); l'augmentation de l'acide lactique (Ryffel, Feldmann et Hill, Gautrelet, Colsanti et Moscatelli, Preti, Crasquin).

L'augmentation dans la fatigue des *sels urinaires* porte: sur les phosphates (Tissié, Treves, Engelmann, Zeitler, Pavy et Dunlop, Klüg et Olsansky-Présyz, Lescœur); sur les sulfates (Pavy et Dunlop, Paton, Stockmann et Maccadam, Tissié, Garatt, Preti, Shermann et Hawk), soit à l'état libre, soit à l'état de sulfates conjugués (Scott). Signalons en passant que Scott a montré qu'une classification empirique de douze exercices physiques différents, de difficulté croissante, concordait avec la classification expérimentale établie sur les variations des taux d'élimination des sulfates. A cette question des sulfates, se rattache très étroitement celle des phénols conjugués et libres (Treves). Scott a noté une élimination des indoxyles sulfates dans l'état de fatigue (au repos, élimination de phényles sulfates), et une augmentation de phénols libres dans les cas d'extrême fatigue. Le rapport de l'excrétion de soufre à l'azote excrété augmente (Pavy et Dunlop, Scott).

L'*excrétion azotée* est augmentée (Voit, Fisch, Vislicenus, Treves, Pflügel, Fraenkel, Oppenheim, Ranke, Pettenkofer et Voit; Liebig, Pavy et Flint, Argutinsky et Dunlop, Atwater et Shermann, Kellner, Tibald, Hermann, Scott). Elle se traduit par une augmentation d'urée, d'acide urique, d'ammoniaque et d'acides aminés (Preti).

Pour certains, il y a augmentation d'excrétion de *créatinine* (Mosso, Hoffmann, Treves, Monari, Grocco, Grégor, Wahl, Scaffidi, Oddi et Tarulli). Moitessier, Voit, Meissner, Mauroche, Hamann, Van Hoogenhuyze et Verpleegh, Pekelharing et Harkink, Bürger, Scott, Crasquin ne trouvent aucune modification.

L'*urée* et l'*acide urique* sont augmentés (Sabrazes et Denigès, Moitessier, Lagrange, Bouchard, Benedicenti,

Bergonié, Tissié, Lehmann, Garatt, Preti, Scaffidi, Oddi et Tarulli, Lucinai, Folin, Herther et Smith). Dunlop et ses collaborateurs, Chibret, indiquent que l'accroissement d'acide urique fait défaut chez les sujets entraînés.

L'*ammoniaque* est augmenté (Wandenweyer, Scaffidi).

Par contre, Benedict et Cathcart ne trouvent pas de modifications de l'excrétion azotée dans le travail. St. Kent a fait des recherches sans résultat pour déterminer la teneur des urines en triméthylamine.

La *toxicité urinaire* est augmentée (Tissié, Arloing, Bouchard, Charrin, Féré, Colsanti, Sabrazès et Denigès, Benedicenti, Lapicque et Marette, Preti, Palacios); elle semble due aux matières non dialysables qui possèdent un pouvoir hypothermisant marqué, et non pas aux sels minéraux, à l'urée, et aux matières colorantes (Benedicenti).

Enfin, des *modifications anormales* peuvent se produire: *albuminurie* (Treves, Zuntz, Giuffrè, Eckert, Gobbi); *glycosurie* (Van Oorett, Treves, Gobbi); *acétonurie* (Preti; Azzi Azzo); *cylindrurie* (Gobbi, Bürkle de la Camp); on a même noté l'apparition d'*érythrocytes* et de *leucocytes* (Gobbi, Bürkle de la Camp); de l'*hémoglobinurie* (Manca, Tausk, Ramazzini, Hirt, P. Chéron, Bastionelli, Fletcher, Robin, Feigl); mais ce sont là des phénomènes pathologiques de surmenage. L'excrétion d'*adrénaline* augmente dans la fatigue musculaire et intellectuelle (Preti).

MODIFICATIONS SANGUINES

La fatigue semble réagir sur tous les éléments constitutifs du sang (globules; plasma; sang total). On note des modifications des éléments constitués du sang; du plasma: portant sur la concentration sanguine; l'alcalinité; la teneur du sang en acide urique et azote total, en produits de défense, en complément, en diastases et en substances réductrices.

On a noté des modifications du nombre des *érythrocytes*, soit une hypoglobulie (Malassez, Tausk, Hawk), soit une hypoglobulie (Welzel, Palmulli, Broun). Pour

d'autres auteurs, comme Villemin, la réaction dépend de l'état de l'individu; en effet, cet auteur aurait constaté une hypoglobulie chez les écoliers non entraînés, et une hyperglobulie chez les sujets entraînés.

Il y a une diminution de l'hémoglobine circulante dans la fatigue physique (Conheim, Dürig, Broun) et dans la fatigue intellectuelle (Grazziani). D'autres ont constaté une augmentation (Tausk).

La *résistance globulaire* est diminuée et se traduit par une augmentation de l'hémolyse *in vivo* des globules rouges au cours de la fatigue physique (Manca, Feigl, Carpentieri, Hastings), ou intellectuelle (Grazziani). Toutefois, on note parallèlement une augmentation de résistance au laquage par des solutions hypotoniques (Hastings, Liebermann et Acel), précédée toutefois par une diminution (Liebermann et Acel).

Sans entrer dans les modifications histologiques, rappelons que l'augmentation dans les hématies de la substance granulofilamenteuse a été notée (Palmulli), ainsi que les dégénérescences suivantes : poikylocytose, anitocytose, granulations basophiles (Preti).

Dans la fatigue apparaît une *leucocytose* vraie (Zuntz et Schümberg, Tausk, Tissié, Blumenthal, Burkard, Grawitz, Lowenthal, Wagner, Naegeli, Langlois, Scafatti et Domenico, Palmulli). Wetzel n'aurait pas trouvé de modifications. D'autre part, cette leucocytose serait pour certains une mononucléose neutrophile (Burkard), et pour d'autres une polynucléose neutrophile (Langlois, Palmulli, Zuntz et Schümberg, Tissié, Blumenthal).

L'index phagocytaire des leucocytes serait de plus en plus abaissé (Guerrini).

Les modifications du plasma, plus difficiles à apprécier, consistent en une augmentation de la *concentration* et de la *viscosité* sanguine (Zuntz et Schümberg, Hastings, Böhme, Rakestraw, Cesarini, Lloyd Jones, Crasquin); cette augmentation de viscosité est due pour une part à la transpiration qui accompagne l'effort, et qui déshydrate l'organisme (Tausk). Parallèlement, la densité augmente (Hammerschlag, Kuthy, Tausk, Dürig, Crasquin),

et le temps de coagulation diminue (Manca, Carpentieri, Crasquin). Pour d'autres il augmente (Hunter, Scaffidi et Domenico).

La diminution de l'*alcalinité* sanguine constatée par de nombreux auteurs (Drouin, Carpentieri, Lee, Devoto, Dürig), est due à une augmentation de l'acide lactique circulant (Ryffel, Hastings, Crasquin, Barr, Himwich, Green), à des modifications des échanges des chlorures entre les globules et le plasma (Hastings, Dautrebande, Davies, Rakestraw), à une augmentation des chlorures dans le sérum (Amati, Rakestraw), à une augmentation de la teneur du sang en acide urique (Preti) et azote total (Rakestraw), en amino-acides, phénols libres et conjugués (Rakestraw); on a noté également une augmentation de l'azote incoagulable du sang (Rakestraw, Pugliese, Feigl et Querner, Bürkle de la Camp, Pietroforte, Aiello), de 20 à 25 0/0 par rapport à la valeur normale de repos.

La teneur du sang en *sucre* est diminuée dans la fatigue (Rakestraw, J. Bauer), mais le sucre reste plus abondant dans le plasma que dans le sang total (Rakestraw); d'autres auteurs ne sont pas arrivés à des déterminations précises (B. Johnson). Gobbi a noté une hyperglycémie par action nerveuse réflexe ou toxique.

Il y a diminution des *produits de défense* du sang (pouvoir antitoxique, opsonique agglutinant, bactériolysant, pouvoir de formation d'anticorps) (Scafatti et Domenico, Ferranini, Ceni, Carpani), quoique certains auteurs n'ont pas constaté de variations (Vallardi) ou une augmentation du pouvoir bactéricide sanguin dans la fatigue grave (Geni). Erben a trouvé une diminution du sérum en complément dans la fatigue physique, qui n'a pas été notée par Vallardi.

Les *diastases* sanguines sont elles-mêmes modifiées. Preti a noté une augmentation du pouvoir antitryptique du sérum dans la fatigue. Sereni a noté dans l'état de fatigue aiguë ou chronique une diminution de la lypase, une augmentation de l'amylase, du ferment glycolytique, de la catalase (Carpentieri), et des ferments protéolytiques.

On note également une augmentation de la teneur du

sang en *substances réductrices* (Abelous, Ch. Richet, Abderhalden), expliquant pour une part l'augmentation de toxicité sanguine (Mosso, Abelous, Pflügel, Preyer, Zuntz, Bergonié, Tissié, Roger), ainsi qu'une augmentation dans le sang de la chaux circulante due à un déplacement du calcium dans l'organisme, consécutif à l'acidification du muscle dans la fatigue physique (Lescœur, Crasquin).

Il faut rapprocher de ces recherches celles effectuées sur les modifications des phénomènes excréteurs. La *perméabilité rénale* semble diminuée, comme l'ont constaté Laufer par l'épreuve d'élimination du bleu de méthylène (ralentie), et Lian et Siguret dont l'épreuve de la phénol sulfone phtaleïne fournit une discrimination de l'état de fatigue et de l'état de surmenage.

Certaines études ont montré une augmentation de sécrétion de la *sueur* (Dürig), de son acidité et de sa toxicité (Zuntz, Lassetski, Arloing, Viale), non observée par d'autres (Kittsteiner).

Un certain nombre de critiques s'appliquent à l'emploi de ces deux tests : les unes, théoriques, s'appliquant à l'ensemble des deux; les autres, pratiques, s'appliquant à chacun d'eux en particulier.

Tout d'abord, malgré la multiplicité des travaux effectués, inaugurés par Dubois-Reymond (1859), et Ranke (1865), notre connaissance des modifications chimio-biologiques de fatigue n'est que fragmentaire et dissociée. Le rôle de certains produits semble bien déterminé. Ce sont ceux comportant un ion H, tels que l'acide lactique, l'acide oxybutirique β, le phosphate monopotassique, l'acide carbonique (Fletcher et Hopkins, Lee, Burridge, etc.), et certains corps provenant de la désintégration des protéines : indol, scatol, phénol, alors que l'acide urique et les bases puriques ne semblent pas avoir de rapports de cause avec la fatigue (Scott). D'autres corps sont bien moins déterminés, tels que les toxines de fatigue affirmées par Ranke, Kronecker, Mosso, Verworn, Revilliod, Giuffrè et Consiglio, Johannson, Rogier, Bouchard, Abelous, et surtout

par Weichardt, Eissner, Gellhorn, Lorentz, Lobsien, dont on aurait trouvé les antitoxines (Weichardt, Lobsien, Poda, Pieraccini et Fichera), niées par Korff-Petersen, Konrich, Hacker, Lee et Aramovitch. Cela tient à ce que les études ont jusqu'à présent surtout porté sur la détermination des modifications chimiques du muscle, au cours de son activité et de sa fatigue et sur les échanges respiratoires si facilement appréciables. Si nous rappelons que l'on a voulu faire correspondre la fatigue proprement dite à l'accumulation de produits de déchets (Helmholz, Mosso, Maggiora, Ranke), et le surmenage à la diminution des substances énergétiques, on voit que ces deux processus ont lieu en même temps et qu'il est assez difficile, en définitive, de déterminer l'importance de la valeur relative de chacun d'eux, d'autant plus qu'il semble qu'un état d'épuisement vrai ne soit jamais atteint, par action paralysante des produits de déchets.

Les recherches expérimentales effectuées n'ont pas toujours suffisamment indiqué dans quelle mesure les modifications signalées correspondaient à un état de fatigue, ou étaient une adaptation de l'organisme à une activité prolongée. Il est à peine besoin de faire remarquer que des causes physiologiques ou pathologiques autres que la fatigue peuvent amener des variations identiques du métabolisme.

Enfin, en admettant que ces modifications soient valables, elles semblent ne traduire qu'un état de fatigue assez avancé, pour pouvoir entraîner des modifications profondes du métabolisme, et elles ne peuvent servir dans le but proposé, qui est le décelage de la fatigue précoce. A ce point de vue d'ailleurs, il convient de faire une distinction entre les modifications du sang et celles de l'urine qui ne doivent pas avoir la même valeur de précocité.

Pour en arriver aux critiques particulières, tests urinaires comme tests sanguins exigent des installations de laboratoires et des techniques d'analyse minutieuse, qui éliminent en fait certaines épreuves. Pour Crasquin, par exemple, le dosage de l'acide lactique serait théoriquement un bon critère de fatigue, dont la valeur pratique est

diminuée par la technique et par le fait qu'il doit être effectué très rapidement, à cause de la destruction de l'acide lactique par le foie.

Les résultats sont assez longs à obtenir, ce qui rend assez difficile l'établissement d'échelles de correspondance des phénomènes chimiques, avec d'autres symptômes physiologiques définis que l'on aurait pu constater sur le moment.

Les diverses modifications n'ont d'ailleurs pas la même valeur relative. Si certaines dépendent d'une sudation concomitante (diminution de l'eau, des chlorures, du sodium) ou de l'état d'entraînement du sujet (accroissement de l'acide urique, des matières extractives azotées et de l'acide phosphorique), il en est d'autres qui sont indépendantes (accroissement de l'azote total, de l'urée, de l'ammoniaque préformée, de la créatinine, des sulfates proportionnellement à l'augmentation de l'azote excrété) (Dunlop, Paton, Stockmann et Maccadam).

Les résultats sont de plus essentiellement variables selon les méthodes et les indicateurs utilisés, ce qui fait que, dans ces conditions, les résultats obtenus ne peuvent constituer un critère sûr de fatigue (Lescœur). Ainsi, la façon de recueillir les urines (il faut au moins l'urine des vingt-quatre heures) peut causer une première source d'erreur, et les précautions nécessaires dans la prise des échantillons peuvent ne pas toujours être observées.

L'acidité urinaire semble entre toutes les épreuves la plus simple, la plus pratique et la plus fidèle. Cependant, il faut remarquer qu'elle dépend des diverses excrétions, intestinales notamment (Lescœur), et qu'une source de perturbations fort importante provient du régime alimentaire. Le régime carnivore augmente en effet l'acidité, et le régime végétarien la diminue. Aussi, la détermination de l'acidité urinaire, tant pour la détermination absolue d'une journée que pour des comparaisons successives, n'a-t-elle de valeur que lorsque les urines sont examinées en pleine connaissance des aliments ingérés (Henderson, Sawicki, Hastings, Palacios), ou de médicaments absorbés (Palacios). Il ne faut pas oublier les variations physiologiques

de l'acidité urinaire (l'urine est acide immédiatement après les repas, moins acide deux ou trois heures après). Il en est de même pour d'autres phénomènes. C'est ainsi que Underhill et Harris font remarquer que, si l'on a voulu voir dans l'augmentation de l'excrétion de la créatine et de l'azote total un signe physiologique objectif de la fatigue, les expériences faites sur les animaux ont montré que le benzol non seulement agit sur les éléments du sang, mais qu'il exerce également une action catabolitique sur l'ensemble des tissus de l'organisme, entraînant une augmentation brusque de la créatine et de l'azote total. On comprend donc toute la prudence qui sera de rigueur, si l'on veut mesurer par ces épreuves physiologiques la fatigue des ouvriers qui manipulent du benzol.

Les tests sanguins sont pratiquement inemployables. Ce n'est que dans des cas exceptionnels que l'on peut songer à faire des prélèvements de sang pour mesurer la fatigue des individus. Il y a un facteur d'expérimentation douloureuse dont il faut tenir compte.

De plus, les différentes opérations de prélèvement et d'examen du sang sont trop délicates pour être effectuées couramment. Les variations de la formule sanguine et de l'indice de viscosité sont les épreuves qui paraissent les plus commodes. Mais la formule sanguine n'est pas quelque chose d'invariable chez le même individu, et les conditions physiologiques peuvent intervenir, invalidant alors les résultats (leucocytose digestive physiologique par exemple).

Dans le même ordre d'idée, la viscosité sanguine dépend de la concentration sanguine. Enfin les données sur la concentration de l'ion H nécessitent à l'heure actuelle des recherches supplémentaires.

Enfin, jusqu'à présent, aucun standard dans les différents indices signalés n'a été établi, ce qui empêche toute tentative de comparaison, soit chez le même individu, soit entre individus.

Pour ce qui est des autres tests d'excrétion, les recherches sur la salive et la sueur qui ont pu être tentées, ne doivent pas être retenues. Quant aux tests de perméabilité rénale, ils exigent une longue période d'observation, et leurs résultats peuvent être trop facilement invalidés par tous les phénomènes pathologiques qui, en dehors de la fatigue et bien avant elle, peuvent agir et dont il n'est pas toujours facile de mesurer l'importance et la valeur.

Donc, tant pour des raisons théoriques que pratiques, à l'heure actuelle, les tests basés sur des modifications du chimisme des urines et du sang, ne sont pas utilisables. Toutefois, comme ils sont liés directement aux modifications de l'activité, il semble que l'avenir des tests de fatigue se trouve dans cette voie.

ÉCHANGES RESPIRATOIRES ; CALORIMÉTRIE VARIATIONS DE TEMPÉRATURE ET DE POIDS

Le test des échanges respiratoires consiste à mesurer par l'analyse les gaz expirés avec les appareils ordinaires: eudiomètres de Bonnier, Mangin, Laulanié, etc... et à étudier les variations d'absorption d'oxygène, d'élimination d'acide carbonique et du quotient respiratoire.

On constate qu'avec la fatigue l'utilisation des produits consommés devient de moins en moins bonne (Zuntz et Schümberg, Amar, Lahy, Waller). La *consommation d'oxygène* augmente (Voit et Pettenkofer, Treves, Dastre, Amar, Chlopine), ainsi que la quantité d'*acide carbonique éliminé* (Voit et Pettenkofer, Hill et Campbell, Briggs, Waller, Boigey, Chlopine). Le *quotient respiratoire* $\left(\frac{CO^2}{O^2}\right)$ augmente dans la fatigue physique (Treves, Roth, Preti, Petithomme), et dans la fatigue intellectuelle (Speck, Ioteyko).

Mais plus importantes même que les variations absolues de l'absorption d'oxygène et de l'élimination d'acide carbonique, sont les *vitesses de retour à l'état normal* des

échanges respiratoires, d'autant plus ralenties que l'état de fatigue est plus avancé (Langlois, Frois et Caubet).

Tels sont, rapidement exposés, les résultats obtenus par ce test, qui offre un certain nombre d'avantages; il permet, en effet, de considérer les périodes de travail de courte durée, d'obtenir rapidement une dépense dynamique, de mesurer le travail et l'effort statiques, et de comparer entre eux des travaux qui ne seraient pas comparables autrement (Amar). Toutefois, il offre un certain nombre d'inconvénients, les uns théoriques, les autres pratiques.

Les échanges respiratoires, dépendant du travail effectué, sont intimement liés toutefois à tout ce qui peut influencer les conditions intra-organiques : nature des matériaux comburés, déterminant pour une part la plus ou moins grande fatigabilité (Krogh); phénomènes divers, tels que température extérieure les retardant ou les activant. Il faut remarquer également que les consommations ne sont pas toujours proportionnelles aux efforts demandés (phénomène du second souffle).

Les variations d'élimination de l'acide carbonique et, par conséquent, du quotient respiratoire, dépendent également de l'état d'entraînement du sujet : une personne entraînée à un travail mécanique peut éliminer l'acide carbonique à un taux plus concentré, ce qui lui permet une économie de ventilation respiratoire (Magne). Il peut y avoir un retard dans l'exhalation des gaz, de sorte qu'à un moment donné la composition des gaz expirés ne correspond pas exactement à l'état physiologique du sujet (Weiss).

Il semble que le test ne soit valable que pour les travaux physiques et pénibles, surtout en ce qui concerne le retour des échanges respiratoires à la normale (Hill et Lupton). Même dans ce cas, des sujets en imminence de collapsus total par épuisement, ne donnent pas de signes évidents de la diminution de la capacité de travail au sens mécanique du mot, telle qu'elle se produit par la consommation d'oxygène (Benedict et Cathcart).

Au point de vue pratique, ce test exige une installation de laboratoire, et la technique en est difficile, les causes d'erreur pouvant provenir de l'opérateur, de l'appareil, des manipulations, des observations et des calculs (Stoner). La méthode des échanges implique notamment la connaissance de l'alimentation et des variations de poids et l'obtention de bons résultats est liée d'autre part à la coopération des sujets examinés (Schneider).

Enfin, le test s'applique difficilement aux travaux industriels, puisqu'il est impossible de l'utiliser sans modifier complètement les conditions de travail (ce qui invaliderait les résultats et dénaturerait l'état de fatigue), en l'appliquant à des ouvriers qui font des mouvements rapides, et qui exigent une entière liberté du corps. Pour avoir des résultats qui soient valables, il faut, enfin, faire une prise rapide, immédiatement après la cessation de travail, à cause des variations immédiates, ce qui n'est pas toujours possible et, d'autre part, faire des prises assez répétées pour pouvoir éliminer certaines causes d'erreurs. Aussi S. Kent considère-t-il que les tests respiratoires ne sont d'aucune valeur.

On a voulu mesurer par la *calorimétrie*, par le dégagement de chaleur, l'état de fatigue des individus : l'augmentation de l'effort accroissant les combustions, et par conséquent le dégagement de chaleur (Dürig). Des recherches ont été faites sans grand résultat, soit pour la fatigue physique, soit pour la fatigue intellectuelle (Imbert, Pidaucet, Atwater et Benedict, Benedict et Carpenter, Tigerstedt, Blix, Brezina, Kolmer, Reichel, Reach, Amar, Kestner et Knipping).

Il ne semble pas que l'on puisse conclure à la fatigue d'après la grandeur des échanges. De plus, la fatigue ne semble jouer qu'un rôle infime dans les variations de la thermogenèse, dont il est difficile de déterminer la part.

Enfin, pratiquement, la méthode calorimétrique ne peut être employée dans les travaux industriels (Frois et Caubet). Elle exige un appareillage d'un coût trop élevé, et des expériences de trop longue durée.

L'étude directe de la *température* centrale semble être plus précise. Elle augmente dans la fatigue physique (Thurn, Obernier, Wunderlich, Bouvier, Vernet, Zuntz et Schümberg, Mosso, Treves, Forel, Marcet, Zuber, Lagrange, Richet, Zimkowsky, Zoueff, Abramovitch, Klug, Loewy, Muller et Caspari, Richter, Kûelbs, Krehl, Giuffrè, Liebermeister, Hoffmann). Certains auteurs, toutefois, ont noté une diminution (Courmont et Péhu, Lortet, Bauer, Eichhorst, Strümpfel, Verneuil, Thomas).

Elle augmente aussi dans la fatigue intellectuelle (Mosso, Larguier des Bancels, Davy, Speck, Gley, Martin, S. Kent). Mais c'est surtout la température de la tête qui s'élève (Lombard, Broca, Maragliano, Amidou, Davy, Rumpf, Stapf, Gley, Couty, Mosso).

Il est évident que la prise de la température est un test commode et facile de fatigue. Mais l'élévation de température est un phénomène pathologique de fatigue confirmée, donc signe tardif, non applicable au décelage de la fatigue précoce. De plus, les variations de température sont ou trop faibles, ou trop fugitives pour pouvoir à coup sûr être déterminées.

De même, on a voulu étudier la fatigue par les variations de *poids*. On a noté en effet une diminution de poids dans la fatigue physique (Zuntz et Schûmberg, Klug, Amar), ou dans la fatigue intellectuelle (Carstadt, Schmidt, Monnard, Wretlind, Wahl, Molling, Hansen, Binet et Henri, Ignatieff), avec diminution d'appétit dans la fatigue intellectuelle (Binet et Henri). Mais ce phénomène dépend de trop de facteurs, nécessite son observation pendant une période trop longue, enfin ne peut déceler qu'un état de fatigue accumulé.

En définitive, les variations du métabolisme général, qu'elles se traduisent par les modifications chimiques des urines et du sang, par les modifications des échanges respiratoires, de la chaleur dégagée, de la température ou du poids du corps, sont ou trop influencées par d'autres facteurs que la fatigue, dont on ne connaît d'ailleurs pas

très bien le rôle exact en la matière, ou trop difficiles ou délicates d'application pour que l'on puisse y trouver des indications sûres et fidèles.

MODIFICATIONS CARDIO-VASCULAIRES

A côté des modifications de l'état général physiologique du sujet, telles qu'elles se traduisent par son chimisme, il est toute une série de modifications du fonctionnement des divers organismes particuliers qui semblent devoir traduire l'état de fatigue.

En premier lieu, les modifications des phénomènes cardio-vasculaires apparaissent comme telles, étant intimement liées aux variations de l'activité physique ou intellectuelle.

Les tests de fatigue cardio-vasculaires concernent les variations du pouls, de la pression artérielle, du tonus vasculaire, de la répartition du sang, du volume du cœur, et de l'état de la musculature cardiaque (électro-cardiogramme).

Les variations du *pouls* artériel inscrites au sphygmographe permettent d'étudier le rythme, la force, l'amplitude de l'onde primaire et de l'onde dicrote.

Dans la fatigue, il y a augmentation du nombre des pulsations (de 50 à 60 0/0 du rythme normal). Ce fait a été constaté dans la fatigue physique par Mosso, Treves, Carvallo et Athanasu, Marey, Zuntz et Schümberg, Geppert, Imbert, Bowen, Lahy, Dietlen et Moritz, Giuffrè, Agostini, Galli, Tarabini, Kienbock, Selig et Beck, Christ, Lortet, Johansson, Kionka, Gasser et Meek, Roth, Dürig, Binet et Henri, Tarchanoff, Donogany, Poggio et Olivero, Scalia, Palacios, Langelez, Frois et Caubet.

Par contre, Lahy, Cardarelli et Pansini, Ferranini, Saurel et Gouget ont noté une diminution du pouls.

L'augmentation du pouls a été constaté également dans la fatigue intellectuelle (Mosso, Schiff, Halle, Binet et Henri, Courtier, Binet et Vaschide, Mc Dougall, Mentz, Winteler, Gley, Salvioli, Patrizi). Fr. Wolff a noté des

résultats contradictoires pour la mesure de la fatigue hebdomadaire chez des étudiants, et aucun résultat pour la mesure de la fatigue mensuelle.

Certains auteurs ont constaté par contre une diminution de fréquence dans le travail intellectuel prolongé (Binet et Vaschide, Ferranini).

On note ensuite une diminution de l'amplitude du pouls, qui devient petit et irrégulier (Binet et Vaschide, Christ, Mosso, Schott et Giuffrè, Ferranini), avec allongement de la systole (Zuntz et Schümberg, Dürig), mesurée depuis le commencement de l'onde jusqu'au début du choc dicrotique, diminution de la diastole (Zuntz et Schümberg, Beck), et diminution du rapport diastole-systole qui, de 2,5 à 3 en temps normal, prend des valeurs inférieures (Amar). Enfin, le dicrotisme s'accentue dans la fatigue physique (Amar, Kraus, Donogany, Dürig), ou intellectuelle (Patrizi). Le pouls devient, de plus, arythmique (Ferranini).

Le pouls veineux n'a pas été étudié.

Le pouls capillaire de fatigue, mesuré au plethysmographe de Hallion et Comte est faible, lent, avec ligne d'ascension et de descente ralenties, à sommet émoussé, à dicrotisme remontant et à forme amollie, que ce soit dans la fatigue musculaire (locale ou généralisée), ou intellectuelle (Binet, Courtier, Patrizi, Mosso, Gley, Mac Dougall, Binet et Henri, Lehmann).

Dans la mesure de la *pression artérielle* effectuée avec les appareils appropriés, on note la pression systolique (maxima ou variable), et la pression diastolique (minima ou constante).

Pour certains, il y a augmentation de la pression artérielle dans la fatigue physique (Corvisart, Potain, Zuntz, Zuntz et Schümberg, Zuntz et Tangl, Binet, Binet et Vaschide, Frois et Caubet, Petit, Imbert, Lahy, Lian, Mosso, Roth, Treves, Amar, Abramovitch, Von Basch, Bloch, Buttermann, Bowen, Brustmann, Cardarelli, Colombo, Cherchevsky, Delino, Da Costa, Franck, Fraentzel, Fantus, Galli, Gennard, Galli, Gennard, Grunbaum, Gumprecht, Graupner, Hallion et Comte, Herschell, Hesse, Hirsch-

mann, Janowski, Küelbs, Kraus, Kolb, Lehmann, Monti, Mentz, Masning, Maximovitch et Rieder, Oddo et Achard, Oertel, Pansini, Peacock, Steiner, Strümpfel, Schrötter, Siegel, Sieffert, Staehelin, Testa, Thurn, Tsimnovsny, Tchigaeff, Zoueff).

Elle est augmentée aussi dans la fatigue intellectuelle (Mosso, Binet et Vaschide, Binet et Courtier, Féré, Kiesow et Chéron, de Sanctis, Mac Dougall, Lamy, Lahy), où la pression s'élève beaucoup dans les travaux exigeant une attention continuellement en éveil, des efforts de mémoire de l'adaptation (Lahy). Cette hyperpression peut entraîner à la longue de l'artériosclérose (Preti, Tchigaeff, Liebermeister, Patrizi).

Pour d'autres, il n'y a pas de variations (Forlanini) ou elles ne semblent suivre aucune loi (Lahy, St. Kent, Bertolotti).

Pour d'autres auteurs, il y a diminution de pression artérielle (Marey, Hallion et Comte, Weber, Schott, Fries, Sommerbrodt, Kienbock, Mahomed, Selig et Beck, Beck et Epstein, Dietlen et Moritz, Giuffrè, Agostini, Galeotti, Tarabini, Ferranini, Lamy, Galli, Giglioli, Christ, Gaertner, Roy, Tangl, Kimura, Karrenstein, Ciovini, Vierordt, Schrötter, Giuffrè, Saurel et Gouget, Dürig, Poggio et Olivero, Cruchet et Moulinier, Villemin).

Cette diminution de pression a été constatée également dans la fatigue intellectuelle par Wolff, qui, chez les étudiants en cours de scolarité, a relevé, en comparant des chiffres pris en mai et en juillet, une diminution considérable de la pression sanguine tombée de 118 à 98 millimètres, alors qu'en même temps, il ne pouvait déceler des variations correspondantes du rythme du pouls.

Pour V. Pachon, la chute des pressions, surtout de la maxima, qui est le signal d'alarme indiquant le moment du fléchissement cardio-vasculaire, constitue un signe précis objectif de fatigue indépendant de toute appréciation individuelle.

L'étude des variations de la tension variable montre que la différence entre la maxima et la minima augmente dans la fatigue (Tarabini, Galeotti). La courbe oscillomé-

trique (Pachon, Billard), qui mesure l'amplitude de ces oscillations, permet d'obtenir un *indice oscillométrique* augmentant dans l'état de fatigue (Pachon, Billard, Eloire).

Pour les tests cardio-vasculaires, ce qui importe le plus, c'est moins la modification absolue que le *retour* rapide *à l'état normal*, mesurable par diverses épreuves qui consistent à noter les tensions maxima et minima, après avoir fait effectuer au sujet un exercice déterminé. La vitesse de retour à l'état normal varie selon l'état physiologique ou pathologique et s'allonge en tout cas dans l'état de fatigue (Méthodes de Langlois et Boigey, de Martinet, de Lian, d'Amblard, de Aubertin, de Laubry, de Gallavardin). Plus récemment, Crampton et Schneider ont repris, en Amérique, ces épreuves fonctionnelles; Schneider en particulier tient compte de divers facteurs (vitesse du pouls en position couchée, vitesse du pouls en position debout, accroissement de la vitesse du pouls en position debout, accroissement de la vitesse du pouls après exercice donné, temps nécessaire du retour à la normale de la vitesse du pouls normale, pressions systolique et diastolique en position couchée et position debout, diminution de la pression systolique en passant de la position couchée à la position debout; pression du pouls dans les deux position couchée et position debout, diminution de la pression systolique en passant de la position couchée à la position debout; pression du pouls dans les deux positions). Des tableaux calculés par l'auteur tenant compte de tous ces facteurs permettent d'obtenir, suivant une échelle arbitraire, l'indice de récupération. Le test de Crampton, un peu plus simple, se compose des changements de la vitesse du pouls et de la pression artérielle en passant de la position couchée à la position debout. On note dans la fatigue une augmentation de la vitesse du pouls en position couchée, en position debout et après exercice. L'indice de récupération est abaissé dans l'état de fatigue, avec perturbation plus grande du pouls et de la pression artérielle et allongement de la vitesse du retour à la normale (Schneider, Crampton, Lee, Cruchet et Moulinier, Beyne). Mais Schneider considère que son test n'est pas

valable pour la détermination de la fatigue quotidienne, et qu'il ne peut que s'appliquer à la fatigue cumulative. Lee a constaté des indices de récupération assez bas sans fatigue concomitante, et n'a pas trouvé non plus de corrélations entre les valeurs des indices et le moment où les mesures sont faites après le travail.

Le produit de la pression du pouls par sa fréquence donnerait selon Erlanger et Hooker la *vélocité relative du flux sanguin* (Lee). Ces auteurs ont construit une table où d'après la constance, l'accroissement et la diminution des deux facteurs, pression diastolique et produit de la pression du pouls par sa vitesse, on peut déduire avec assez d'exactitude aux causes de variations de la vitesse du flux sanguin, c'est-à-dire de l'énergie kinétique du cœur, et des résistances périphériques.

On avait pensé pouvoir trouver dans les variations de la vitesse sanguine un indice de fatigue. Mais l'énergie kinétique du cœur n'est normalement pas changée et les résistances périphériques sont trop variables pour donner des résultats (Lee).

L'étude des *cardiogrammes* complète les données fournies par l'examen du pouls et de la pression montrant une diminution du rapport diastole-systole et un tracé spécifique de fatigue caractérisé par une diminution transitoire de la période systolique, une décroissance d'amplitude, l'abaissement du plateau systolique dénotant une contraction brusque des ventricules et une absence d'effort cardiaque soutenue (Amar). Avec le cardiographe, Palacios a constaté une augmentation du rythme dans la fatigue.

Le *tonus vasculaire* diminue dans l'état de fatigue, par ralentissement de l'action des vaso-constricteurs, ce qui est mis en évidence par la réaction cutanée vasculaire. Celle-ci, découverte par Marey, a été utilisée par Ryan, dont le test consiste à frapper l'avant-bras avec un instrument mousse approprié, qui exerce une pression uniforme. Une raie blanche apparaît, s'accuse puis disparaît. Le temps écoulé entre le début de l'excitation, et le moment où cette raie commence à disparaître, temps d'ef-

facement ou de disparition, assez long à l'état normal, diminue dans la fatigue. Ryan appuie la valeur de son test, sur des études effectuées dans le champ du travail, mettant en évidence la fatigue journalière ou la fatigue qui ne se décélerait pas autrement; il a pu ainsi déceler dans le travail au tour, la fatigue physiologique des travailleurs qui ne se traduisait pas par une diminution de rendement, et a montré de cette façon que le rythme peut arriver à masquer la fatigue. Toutefois, King a noté une augmentation du temps d'effacement. Le test du dermographisme d'Aïello se rapproche du test de Ryan.

Les variations de la *répartition du sang* n'ont été l'objet que de peu de travaux. Weber le premier a étudié la question avec le pléthysmographe, et montré, qu'au cours de la fatigue aiguë, la répartition du sang dans l'organisme se fait à l'inverse de l'état normal : il a même établi les diagrammes de répartition. Le volume des extrémités (membre, tête), augmente dans la fatigue physique et diminue dans la fatigue intellectuelle (Weber, Weichardt et Lindner, Gellhorn, Kimura), ce qui traduit des troubles du centre de l'innervation vasculaire (Kimura).

Mosso avait montré auparavant que l'anémie cérébrale est de règle dans la fatigue, et que dans la fatigue intellectuelle il y a échauffement de la tête et vasoconstriction périphérique (Mosso, Gley, Morselli, Bordoni, Uffreduzzi, Patrizi, Henri et Sollier, Franck).

Toutefois, les modifications sont inconstantes (Amar, Kimura).

Les variations du *volume du cœur* sont déterminées par la percussion, ou mieux par la méthode orthodiagraphique (Moritz, Levy, Dorn, Scömberg), ou téléradiographique (Köhler).

Pour certains, il y a augmentation de l'aire cardiaque (Abutt, Caspari, Leyden, Thurn, Fraenkel, Scholt, Christ, Teissier, Mosso, Zuntz et Nicolaï, Treves, Schümberg, Abelli, Staehelin, Tausk, Friedrich, Oertel, Winternetz, da Costa, Peacock, Seytz, Leyden, Lohr, Müneinger, Myers, Testa, Pansini, Giuffrè, Amaducci, Gennari, Saurel, Langlois, Balder, Heichelheim et Metzger, Albu et Henschell,

Amar). D'autres auteurs, par contre, constatent une diminution (Moritz, Hoffmann, de la Camp, Lenhoff, Schieffer, Levy, Dorn, Bingel, Kienbock, Selig et Beck, Mendl et Selig. Dietlen et Moritz, Raab, Agostini, Galli, Bertolloti, Zuccola, Tarabini, Nissim, Poggio et Olivero, Boigey), s'accompagnant d'une déviation en dedans de la pointe du cœur (Galli, Beck, Tarabini). D'autres, enfin, ont des résultats variables (Pokrychkine et Capitan). Ceci, d'ailleurs, n'exclut pas la dilatation du cœur par surmenage chronique constatée par de nombreux auteurs (Senac, Corvisart, Albutt, Clifford, Thomson, Levy, Spillmann, Fraenkel, Oertel, Winternetz, Schott, Zaziekki, Dobroslavine, Zoueff, Eichwald, Eichhorst, Liebermeister, Hirt, Bock, Revilliod, Coustan).

Williamson, observant trente-trois sujets, indique une diminution dans vingt-neuf cas, une dilatation dans trois autres et un état stationnaire dans un. O. Bruns a constaté, dans un travail pénible, une diminution dans 80 0/0 des cas et, dans le reste, soit une augmentation, soit pas de modification.

Signalons pour mémoire que Stanley Kent s'est servi de l'*électro-cardiographe* d'Einthoven pour mesurer l'état de fatigue, sans obtenir des résultats précis. Mais cette méthode doit pouvoir fournir des résultats intéressants sur l'état du myocarde après fatigue brusque ou chronique.

Signalons enfin, pour terminer le chapitre, que l'examen de l'excitabilité cardiaque pourrait peut-être fournir un test de fatigue. Mendenhall a montré, par des mesures du seuil d'excitation du ventricule, que l'irritabilité cardiaque est généralement accrue dans l'accroissement de l'activité musculaire. Par contre, quand la fatigue profonde est installée, l'excitation du ventricule peut être diminuée, ce qui est sans doute dû à la circulation de substances de fatigue. Ces expériences n'ont été faites que sur des grenouilles et auraient besoin d'être confirmées sur des mammifères.

La divergence des résultats et des interprétations fait

que les examens cardio-vasculaires ne semblent pas donner un critérium vrai de fatigue. Cette divergence tient à ce que l'accord ne s'est pas fait, semble-t-il, entre la valeur des différents résultats acquis, les uns au cours d'expériences de fatigue artificiellement provoquées, les autres au cours de l'exercice de l'activité normale. Il semble qu'il y ait eu confusion entre phénomènes d'effort d'adaptation de l'organisme et phénomènes vrais de fatigue. En effet, les tests cardio-vasculaires semblent avoir été utilisés moins comme tests de fatigue que comme critères d'entraînement.

De plus, il semble que la fatigue ne réagit que tardivement sur le cœur. Le système cardio-vasculaire, en effet, faisant face à tous les besoins du corps, doit maintenir intactes son efficacité et sa capacité de travail aussi longtemps que possible, même lorsqu'un effort intense lui est demandé. De plus, il est très sensible à une foule de facteurs internes et externes, et ce n'est que lorsque les réactions sont persistantes et laissent une impression continue qu'elles peuvent être décelées par les tests appropriés (Lee). Dans les conditions ordinaires de la vie, les réactions ne sont que temporaires et passagères, et il peut sembler futile de chercher dans les manifestations physiques des phénomènes cardio-vasculaires, des tests objectifs de la fatigue quotidienne (Lee et Van Buskirk, Herrick).

Indépendamment de ces critiques de principe, trop de facteurs apportent des perturbations. Les unes sont physiologiques : température et pression extérieures (Lazarus, Shirmunski), mouvements respiratoires (Tuchwig, Vierordt, Frederic, Lee), pesanteur, compression artérielle, digestion (Polain, Weysse et Lutze), action du sympathique, âge, accélération du pouls; bradycardie fréquente chez les sportifs, invalidant l'utilisation des tests de retour à la normale (Schneider et Crampton, Herxheimer), le pouls lent donnant un meilleur taux que ne le détermine l'état physique.

Les modifications du tonus musculaire sont notamment des sources d'erreur dans la détermination précise de la pression artérielle (R. Kimura).

Pour éviter cette source d'erreur, Rubino a proposé selon sa technique de prendre la pression rétinienne (pression avec sphygmomètre de Bloch et Verdin à l'angle externe de l'œil jusqu'à disparition de la vision).

D'autres facteurs sont pathologiques : hypertension ou hypotension, lésions cardio-vasculaires. Il en est enfin de psychologiques : effort mental (Binet et Courtier), à influence accélératrice, comme les facteurs émotionnels (Langelez, Devoto, Schneider et Crampton), ce qui nécessite avant les mesures des épreuves de préparation. Les tests ne varient donc pas avec la fatigue physique individuelle quotidienne.

Toutes ces variations invalident les tests de pouls et de pression, quoique celle-ci, oscillant plus lentement que le pouls, marque des troubles plus profonds. Avant de tirer des conclusions, d'ailleurs, il ne faut pas oublier que les valeurs des pulsations et de la pression artérielle sont intimement liées (loi de Marey).

Si la méthode pléthysmographique de Weber a l'avantage d'être contrôlable objectivement, elle exige une grosse habileté de la part de l'expérimentateur, et ne peut servir aux examens de masse à cause des trop grandes variations individuelles à partir de la normale, si bien que pour si intéressante que soit cette méthode, elle ne semble pas pouvoir servir de mesure à la fatigue (Kimura).

Il est, d'autre part, des facteurs d'erreurs provenant de l'expérimentateur lui-même et qui sont dues aux difficultés d'observation des phénomènes. Dans le test de Ryan, par exemple, il y a un manque de précision à la fin de la réaction, c'est-à-dire au moment critique où commence à disparaître la raie blanche. D'ailleurs, elle peut apparaître brusquement avec le coup, persister et rougir ensuite; des variations peuvent obscurcir le moment de la plus grande blancheur (Lee). Les grandes variations d'intensité selon les différents individus rendent aussi cette observation encore plus difficile. L'équation personnelle joue un grand rôle dans l'appréciation précise du temps d'apparition et du temps de disparition de la ligne blanche, ainsi que dans l'appui plus ou moins fort,

la vitesse plus ou moins grande de l'instrument sur le bras. Il semble qu'il faille tenir compte d'une multiplicité de facteurs; plus cette évaluation est faite, plus l'appréciation sera juste, mais plus elle est, d'autre part, impossible à établir. Il en est de même dans la tonométrie capillaire (Weiss) ou dans la sphygmomanométrie où le moment où les oscillations changent de hauteur est exclusivement basé sur des impressions personnelles (Galeotti).

Certains tests sont commodes à appliquer; d'autres le sont moins. Alors que les tests de pression, de pouls, de retour à l'état normal, le test de Ryan, semblent d'application facile, sans trop de grosses instrumentations, des tests comme ceux de la radiographie ou des électro-cardiogrammes sont inapplicables. Même des instruments simples comme le sphygmomanomètre sont trop entachés d'erreur (Dürig, Frois et Caubet).

Il est nécessaire de faire les examens immédiatement après la cessation du travail, un point capital dans l'étude pratique de la fatigue par les tests circulatoires étant le rôle du temps qui s'écoule entre le moment où l'individu à examiner quitte son travail et celui où on l'examine. Quelques minutes suffisent en effet pour modifier du tout au tout l'allure du phénomène physiologique; c'est ce qui explique, pour une part, que Lahy et S. Kent n'aient pas noté de résultats appréciables. Frois et Caubet, pour ces raisons, se sont attachés à suivre la marche des modifications physiologiques pendant le travail même; mais alors, on mesure moins la fatigue elle-même que la valeur de l'adaptation cardio-vasculaire aux conditions de travail. Si dans l'examen de laboratoire, les conditions de temps jouent un rôle important (et il ne dépasse pas de beaucoup quelques minutes) et les intervalles écoulés sont autant de causes perturbatrices, il s'ensuit que, dans les conditions ordinaires de la vie, où la mesure de la fatigue ne peut être faite qu'au bout d'intervalles beaucoup plus longs, les causes de perturbation seront tellement grandes qu'elles arriveront presque à invalider les résultats. D'ailleurs, le retour au repos qui s'effectue

après cessation de travail, s'il est assez long et se prolonge d'autant plus que la fatigue est plus accentuée, semble se faire sans loi précise avec, pour chaque individu, une réaction particulière; c'est ce qui vient encore compliquer le phénomène.

Les différents tests ne sont pas de valeur identique et ne peuvent s'appliquer à toutes les catégories de travaux. C'est ainsi que Lee estime que les réactions cardio-vasculaires de Schneider et Crampton ne peuvent donner aucune indication dans la fatigue quotidienne provenant de l'effort physique ordinaire pénible et qu'elles n'ont de valeur que comme indice de la détérioration physique provenant de la maladie, du surmenage, de la fatigue cumulative. Pour les mêmes auteurs, l'électro-cardiogramme est incapable de déceler les modifications dues à un exercice tel qu'une marche de quatorze milles chez un individu non entraîné. Il semble donc que l'état de fatigue doit être assez important pour que l'on ait des réactions.

Enfin, le gros défaut dans ces tests, c'est qu'il n'y a pas de relation entre les degrés d'augmentation et de diminution des phénomènes de pression par exemple, et le degré de fatigue existant. C'est ainsi que dans le test de Ryan, on n'a pas établi si la diminution du temps d'effacement est proportionnelle à la fatigue. Pour celui-ci, d'ailleurs, à bien regarder, il ne renseigne exactement que sur l'état du tonus du sympathique ou para-sympathique (qui règlent les nerfs vaso-moteurs), et en réalité, donne peu de renseignements sur la fatigue. De même, les tests de retour à la normale permettent seulement de conclure à l'inadaptabilité fonctionnelle. On dit généralement : le travail musculaire intense d'où fatigue se traduit par hypertension, alors que logiquement on ne peut que dire : l'adaptation fonctionnelle se traduit par l'hypertension. Les modifications de l'aire cardiaque sont surtout fonction des variations vaso-motrices, notamment de la vaso-dilatation périphérique (Agostini, Kienbock, Selig et Beck), ou de facteurs émotionnels (Poggio).

Enfin, pour pouvoir établir ces rapports, il faudrait

avoir des normes sur les valeurs ordinaires des modifications des phénomènes circulatoires et c'est un travail qui n'a pas encore été établi.

En résumé, soit pour des raisons théoriques ou d'utilisation pratique, les tests cardio-vasculaires semblent inadéquats à la détermination de la fatigue. Treves accordait plus de valeur aux tests du métabolisme qu'aux tests circulatoires et respiratoires.

Phénomènes respiratoires

Les phénomènes étudiés sont le rythme, le débit respiratoire, la pression de l'air inspiré et de l'air expiré.

Le *rythme* respiratoire inscrit soit au pneumographe, soit avec des appareils analogues (ergostellographe de Patrizi), donnent les courbes du tracé respiratoire permettant de considérer la fréquence, l'amplitude et la forme des mouvements respiratoires.

La *fréquence* augmente avec la fatigue physique de 75 0/0 de sa valeur de repos environ (Mosso, Geppert et Zuntz, Loewy, Kraus, Weichardt, Lehmann, Speck, Golstein, Tarchanoff, Landauer, Lagrange, Ioteyko, Patrizi, Imbert et Mestre, Zoueff, Roth, Abramovitch, Giuffrè, Dürig, Langelez, Amar, Frois et Caubet, Petithomme, Palacios, Chlopine); pour Petithomme, la fréquence semble être tantôt diminuée, tantôt augmentée, en relation avec l'amplitude. Ferranini a noté un ralentissement de la fréquence respiratoire, Magne pas de grandes modifications.

On note la même accélération dans la fatigue intellectuelle (Delabarre, Binet et Courtier, Speck, Mac Dougall, Lehmann, Binet et Henri). Wundt, Obici, par contre, ont noté une phase terminale de ralentissement avec raccourcissement de toutes les phases (Mac Dougall) et succédant à une phase de début, comprenant une accélération progressive de la respiration et une phase médiane, composée d'alternances de respirations rapides et lentes.

L'*amplitude* des courbes diminue et devient irrégulière, saccadée; la respiration devenant superficielle (Petit-homme).

De plus, la forme des courbes se modifie, ce qui traduit les oscillations et la diminution de tonicité des muscles respiratoires (Casarini), ainsi que les variations du débit respiratoire. Le rapport expiration-inspiration va en diminuant pendant la fatigue, tandis que les inspirations deviennent de plus en plus profondes; de 1,7 à 2, il descend à 1,1 dans l'état de fatigue (Amar), avec diminution des temps de repos (Preti), pour arriver à l'essoufflement (Ch. Richet, Mosso, Lagrange, Verworn), qui est moins un processus d'incoordination respiratoire, qu'un phénomène de défense se produisant par suite de phénomènes toxiques.

Le temps du *retour à la normale* est augmenté dans la fatigue (Dürig, Chailley-Bert, Langlois).

Les variations du *débit respiratoire* mesurées au spiro- diminution de la capacité vitale (Zuntz, Abramovitch, Landauer, Amar, Giuffrè, Dürig, Liebermeister).

La mesure de la *pression de l'air inspiré et expiré* mesurée soit au tonomètre (Amar), soit différemment, par l'analyse des gaz (Haldane et Krogh), soit encore par le manomètre de Pech, montre que la fatigue générale peut influencer la puissance active des muscles respiratoires, mais que ceci n'est atteint que dans un état de fatigue extrêmement avancée.

Dans le même ordre d'idées, Martin Flack étudie l'*efficacité respiratoire* en mesurant la durée de la suspension respiratoire après expiration et inspiration, la capacité vitale, la valeur de l'air supplémentaire, la force expiratoire évaluée par la hauteur à laquelle est soulevée une colonne de mercure après expiration et inspiration; la durée de maintien d'une colonne de mercure de 40 millimètres après expiration et inspiration, la vitesse du pouls au début, au milieu et à la fin des deux dernières épreuves.

On note en particulier que la durée de la suspension respiratoire, de soixante secondes environ chez les sujets

normaux, tombe à vingt et quinze secondes chez les sujets fatigués (Flack, Heald et Thomsson, Mumford, Cruchet et Moulinier).

Lee, par contre, n'a pas constaté de résultats avec la fatigue, ce qu'il attribue aux difficultés techniques du test.

Tels sont, schématiquement exposés, les résultats acquis.

Les tests utilisés offrent l'avantage de déceler facilement les modifications, même si elles existent à un degré minime. Mais ils présentent un certain nombre d'inconvénients : appareillage compliqué qui en limite l'application : spiromètres, procédés d'inscription graphique. Trop de variables agissent sur le rythme, et il est assez difficile d'avoir un chiffre de base sur lequel on puisse compter; les unes sont physiologiques, variations quotidiennes du rythme respiratoire (qui n'est pas identique dans toute la journée et qui doit être influencé par les conditions de milieu extérieur, température, humidité, etc.) (Frois et Caubet), différences individuelles (Zuntz, Petithomme); certains sujets ont des pneumogrammes réguliers à courbes se succédant d'une façon égale, avec même amplitude; d'autres sujets, au contraire, ont une courbe plus ou moins rapprochée, à amplitude variable, avec ondulations inspiratoires et expiratoires plus accusées, ce qui rend difficile la comparaison des phénomènes (Petithomme). Les facteurs émotionnels psychiques modifient les tracés du rythme respiratoire (Dürig, Frois et Caubet, Petithomme). Il faut placer l'appareil quelques minutes avant le tracé pour éviter des irrégularités flagrantes qui pourraient se produire, prendre certaines précautions au moment de la prise, des gênes respiratoires pouvant modifier le rythme. Des facteurs pathologiques (défaillance cardiaque, troubles fonctionnels du poumon), retardent le retour à la normale (Achard, Binet et Lange).

Il est nécessaire de faire rapidement la prise du test avant la fin du travail, car le retour à la normale des phénomènes respiratoires après fatigue se produit plus

rapidement encore que celui des phénomènes cardio-vasculaires.

Enfin, les tests respiratoires semblent se limiter aux travaux de surmenage à l'exclusion de la fatigue ordinaire (Dürig, Petithomme), ce qui restreint leur application industrielle (St. Kent). Dans les travaux de force même, ils ont été d'ailleurs surtout utilisés comme critères d'entraînement plutôt que comme tests proprement dits de fatigue.

D'ailleurs, les auteurs qui se sont occupés de la fatigue ont fait peu de recherches précises sur les modifications de la fonction respiratoire et c'est seulement dans ces dernières années que le problème a été repris.

Variations des réflexes

Dans la fatigue, les modifications physiques caractéristiques peuvent atteindre le fonctionnement cérébral soit par altération globale de l'organisme, quel que soit le mode de travail effectué, ou par participation directe des fonctions cérébrales au travail avec fatigue propre, quelle que soit la nature des travaux (Piéron), avec diminution du pouvoir inhibiteur des centres supérieurs et exagération consécutive des réflexes (Westphal, Stenberg).

Le *réflexe rotulien* a été des plus étudiés par Lombard, Dodge, Lahy, Roth, Oekonomakis, Tissié, Blumenthal, Piéron, mais sans résultat appréciable, soit dans la fatigue physique, soit dans la fatigue intellectuelle. Piéron, qui en avait repris l'étude à propos des recherches sur les tests de fatigue entreprises par la Commission de Physiologie du Travail de l'Institut Lannelongue, a conclu que si l'excitabilité réflexe donne des indications sur une fatigue cérébrale considérable, elle ne peut être l'indice souple et sensible de la fatigue. Klarfled avait noté l'absence de modifications dans la fatigue et Oekonomakis avait observé par contre la diminution ou la disparition du réflexe rotulien.

Un certain nombre de critiques sont à apporter. Si ce test est commode d'application, et si théoriquement il paraît devoir donner des résultats immédiats, en admettant même que l'on eût des résultats nets dans un sens ou dans un autre, augmentation ou diminution, on s'aperçoit tout de suite qu'il faut des conditions d'examen trop spéciales pour qu'il soit vraiment d'une valeur pratique. Il ne peut être recherché à la main, et nécessite l'emploi d'appareils spéciaux, tels que le reflexomètre à marteau pendulaire de Piéron, établi pour mesurer les variations des réflexes en prenant comme mesure les variations de la hauteur angulaire correspondant à une excitation liminaire), donnant une excitation constante, et toujours comparable (car le seuil du réflexe dépend de l'excitation donnée) et appréciant exactement la valeur du déplacement de la jambe. Théoriquement, il faudrait avoir un choc d'une énergie toujours constante et mesurer la valeur du déplacement angulaire de la jambe, la position de recherche de la jambe étant standardisée de façon à permettre les comparaisons. Or, si l'énergie de choc du marteau pendulaire dépend de la hauteur angulaire de soulèvement du levier, comme on est obligé de faire plusieurs percussions, soit croissantes jusqu'à apparition du réflexe, soit décroissantes jusqu'à sa disparition, soit alternées, la répétition des excitations doit être un élément d'erreur, soit dans le sens de la sommation, soit dans le sens de la neutralisation. Le seuil du réflexe est sans rapport constant avec l'excitation donnée, et par conséquent dans le cas de l'appareil de Piéron, avec la grandeur du déplacement angulaire qui peut servir d'unité de mesure. Si le temps de latence du réflexe est constant, la vitesse de déplacement, qui est le phénomène objectif qui le traduit, est ce qu'il y a de plus variable, car les facteurs d'exagération ou de diminution sont nombreux : variations spontanées du réflexe lui-même; variations de l'étendue et de la vitesse de déplacement de la jambe, qui sont les éléments objectifs fournissant la notion d'exagération ou de diminution du réflexe et qui dépendent, avant tout, de la musculature et en particulier de l'intensité des con-

tractions du quadriceps, de l'intensité et de la durée de relâchement ou de contraction des antagonistes, de la rapidité de relâchement du quadriceps. La fatigue locale des muscles intéressés dans une réaction s'oppose donc à la détermination de l'excitabilité réflexe, dont la diminution peut tenir seulement à la diminution de force des muscles. Les facteurs psychiques : variations d'attention, les facteurs émotionnels ont une influence perturbatrice (Lombard, Piéron), dans un sens ou dans l'autre.

L'interprétation du test est difficile, on ne sait pas toujours si l'on a affaire à une diminution de l'inhibition des centres supérieurs, ou à une exagération de l'excitabilité médullaire. Il semble d'ailleurs que la fatigue de la réflexivité vienne de la fatigue des terminaisons sensorielles.

D'autres réflexes ont été étudiés : réflexe achilléen (augmenté dans la fatigue : Ockonomakis, Tedeschi); réflexe galvano-psychique; réflexe du clignement de l'œil (Dodge, Mac Swiney); réflexe oculo-cardiaque (Aiello); réaction du silence respiratoire sur les battements cardiaques (signalée dans un article du Dr Glibert). Tous sont de technique trop délicate ou de variation corrélative trop grande pour être utilisables pratiquement. Signalons qu'à l'heure actuelle, Vaquez et ses élèves s'attachent à fixer le type électromyographique des réflexes tendineux à l'état normal et pathologique par l'inscription avec le galvanomètre à corde d'Einthoven. Le réflexe rotulien a déjà montré des courbes caractéristiques dans certains états pathologiques. Peut-être des études plus précises entreprises dans le champ de la fatigue donneraient-elles des résultats appréciables, car si un choix parmi les réflexes s'impose, il semble qu'il soit par trop limité lorsqu'on le maintient à l'étude du réflexe rotulien. L'étude des réflexes, au point de vue fatigue, est trop peu avancée, leur cause de variabilité paraissent trop nombreuses, pour que leur valeur comme tests de fatigue puisse être retenue.

Test de la chronaxie

Parmi les tests d'exploration locale des muscles intéressés, il faut citer le test de la chronaxie de Lapicque : la rhéobase étant l'intensité en volts d'un courant qui permet le seuil galvanique, la chronaxie exprimée en millièmes de seconde, est la durée utile du passage du courant pour lequel on est au seuil de l'excitabilité avec une intensité égale à deux fois la rhéobase. Dans la fatigue, il y a augmentation de chronaxie sans diminution sensible de la rhéobase.

Ce test n'a été étudié qu'au laboratoire, mais doit fournir chez l'homme un test objectif de fatigue locale. Il est probable que l'habileté professionnelle, l'entraînement spécial, le début du travail, la mise en train peuvent donner des modifications caractéristiques. Il semble toutefois que pour l'application à l'homme, il y aurait lieu de préciser la technique de son application, pour obtenir l'excitation directe.

Il faut rapprocher du test de Lapicque, celui fondé sur les modifications des courbes électrographiques des muscles fatigués, prises au galvanomètre à fils; alors qu'à l'état normal, on note 40 à 50 oscillations biphasiques par seconde (J. Bauer, Cobb et Forber), dans la fatigue la fréquence des oscillations descend de 20 à 30 et leur amplitude, d'abord stationnaire, diminue ensuite.

Ce test, comme le précédent, n'est pas encore sorti du domaine du laboratoire; tous deux nécessitent un appareillage et une technique qui en limitent l'application pratique.

Deuxième catégorie de tests

Modifications du fonctionnement physiologique de systèmes déterminés de l'organisme

Dans cette série de tests, les modifications des fonctions musculaires, sensorielles ou psychologiques étudiées,

sont primitives, consécutives à leur activité, ou secondaires, consécutives à l'exercice d'autres fonctions par suite de répercussions générales.

I. — TESTS MUSCULAIRES

Les attributs que l'analyse découvre à l'acte musculaire sont les suivants : force et endurance; régularité, amplitude et précision; coordination et contrôle; vitesse. Les tests musculaires de fatigue se fondent sur la diminution de ces qualités.

Tests de force musculaire et d'endurance

La mesure de la diminution de force musculaire se fait avec le dynamomètre, ou avec les appareils dérivés (poires dynamographiques, cycles ergométriques, arthrodynamomètres, outils inscrivants), avec l'ergographe, le peson à ressort et par l'inscription avec des machines-outils.

Le *dynamomètre*, dont les modèles sont extrêmement nombreux (entre autres ceux de Collin et de Smedley), est utilisé pour mesurer soit la force de traction, ce qui est rare, soit la force de pression. Dans ce dernier cas on mesure, soit la force maximale d'une contraction isolée (test de force proprement dit), soit la valeur d'une contraction soutenue pendant un certain temps, soit la valeur de contractions maximales soutenues rythmiques (test d'endurance). Les indications sont données par lecture directe, ou par enregistrement selon la méthode de Marey (courbe d'endurance).

On note une diminution de la force de pression dans la fatigue physique (Binet et Vaschide, Lahy, Tsimkovsky, Abramovitch, Landauer, Lagrange, Amar, Boigey, Frois et Caubet, Kimura, Palacios). En Allemagne, dans le courant de l'année 1919, à propos de l'introduction de la loi de huit heures et plus spécialement à propos du repos de midi, des études au dynamomètre ont été entre-

prises chez divers travailleurs (menuisiers, ouvriers de bijouterie, couturières, travailleuses de confection, vendeuses, etc.), et ont montré une diminution de force musculaire après la période de travail.

Certains auteurs ont constaté une augmentation de force: Glibert (chez différents ouvriers ébénistes, chaisiers, débardeurs de ports), Th. Oliver. D'autres, tantôt une augmentation, tantôt une diminution, Langelez (chez les mineurs de Marcinelles). Kimura a noté une diminution au cours du travail pénible, une augmentation au cours du travail léger.

Dans la fatigue intellectuelle, on note une diminution de force dynamométrique (Mosso, Féré, Clavière, Keller, Kemsies, Martin). Wolff a mesuré au dynamomètre la fatigue hebdomadaire et la fatigue mensuelle chez les étudiants. Pour la fatigue hebdomadaire, les résultats ont été contradictoires, alors que pour la fatigue mensuelle (périodes d'examen), l'auteur n'a pu trouver aucune différence.

Tels sont, rapidement exposés, les résultats obtenus.

Mais en fait, comme l'a indiqué Spaeth, le dynamomètre est théoriquement inadéquat au but proposé et ne peut donner toutes les informations recherchées. Tout d'abord, il est douloureux dans son application, surtout lorsqu'une série de prises est effectuée. L'accoutumance, une application correcte (telle qu'elle peut être réalisée avec le dynamomètre Smedley), permettent toutefois d'éviter cet inconvénient, et le facteur douleur ne semble pas avoir en définitive toute l'importance qu'on a voulu lui donner (Kimura).

Une objection plus sérieuse porte sur la façon de prendre l'appareil, façon qui influe sur la force de prise; lorsqu'il y a sudation, par exemple, la main glisse; la force de pression varie selon qu'elle est exercée avec le gras du pouce ou avec le gras de la main, et selon la place même de l'appareil dans la paume. La plupart des appareils, sauf le dynamomètre Smedley qui est ajustable, ont une forme telle qu'elle ne permet pas une pression

égale pour les mains de différentes tailles. Pour toutes ces raisons, les résultats de comparaison entre les différents individus se trouvent invalidés; il est d'ailleurs difficile d'appliquer exactement le test de la même façon dans des prises successives, et il faudrait, au moins, maintenir le dynamomètre dans une position standardisée pour essayer d'avoir de ce côté une constance de résultat.

Pour obvier à ces deux ordres critiques, certains auteurs utilisent des *poires dynamographiques* (Amar, Glibert, Pizzoli).

L'appareil nécessitant la mise en jeu de nombreux muscles, un défaut de coordination musculaire par perte d'efforts ou par mouvements inutiles peut diminuer le tracé enregistré (Whipple).

A côté de ces critiques inhérentes à l'appareil, d'autres sont relatives à la méthode; l'inconstance des résultats obtenus ne permet pas d'établir une norme dynamométrique de fatigue.

Le dynamomètre qu'il convient d'étalonner et de vérifier ne donne pas en kilogrammètres le travail effectué, ce qui fournirait des indices de comparaison plus exacts. Toutefois, dans la pratique courante, il suffit de connaître la diminution de pression consécutive à un travail antérieur plutôt que de connaître le travail effectué au moment de la pression.

Il ne semble pas que la force de pression, pour ne nous occuper que de celle-là, puisque c'est la plus souvent employée, varie seulement avec l'état de fatigue. Des facteurs individuels, physiologiques, psychologiques, ou émotionnels, dont la nature échappe quelquefois ou qui sont difficilement mesurables, peuvent la faire varier dans un sens ou dans l'autre, ce qui invalide les indices individuels au profit des indices de groupes. Citons les oscillations quotidiennes de force (Bouch, Povarine, Rosanoff, Dementieff, Bougoslawsky, Patrizi), les influences de l'âge (Maggiora, Binet et Vaschide, Layet, Dementieff), l'influence de la température (Schmulevitch, Pompillan, Patrizi, Konnopassevitch, Rondneff, Gad, Heysmans, Ch. Richet, Langlois, Saint-Hilaire), l'accoutumance au test, la

prise du test au cours du travail, ce qui introduit un facteur d'intérêt et peut jouer un rôle dynamogénique, accroissant le rendement du test et limitant d'autant l'indice de fatigue. L'attitude d'esprit joue notamment un rôle important, en particulier la suggestibilité (Spaeth). Hadfield a montré par exemple par des expériences que des individus qui pouvaient donner une pression ordinaire de 100 livres au dynamomètre, n'en donnaient plus que 29 lorsqu'on leur avait suggéré sous hypnose qu'ils étaient faibles, et 142 au contraire lorsqu'on leur avait suggéré hypnotiquement une idée de force. Sans aller aussi loin, on peut comprendre que l'état mental joue un rôle important, d'autant plus difficile à mesurer dans ses manifestations subconscientes. Inversement, il peut y avoir possibilité d'une limitation constante de l'efficacité du test par le sujet, quoique dans les tests en série, les variations dues à la fraude consciente ou non présentent une certaine amplitude qui la décèle (Martin).

Le test enfin est trop limité dans ses applications et semble se cantonner aux travaux de force.

Le dynamomètre mesure la fatigue générale par une fatigabilité plus ou moins rapide de systèmes musculaires bien déterminés, dont le domaine paraît bien restreint par rapport à l'ensemble de l'économie. Les relations entre l'état de fatigue proprement dit et les variations de la musculature générale ne sont que très mal connues. Le déficit peut être plus nerveux que musculaire et le test dépendant d'un effort volontaire ne distingue pas toujours dans ses résultats les facteurs nerveux ou musculaire. Cela est si vrai que selon les méthodes employées, le dynamomètre donne un indice plus exact de l'endurance par la mesure des contractions répétées que par la mesure d'une contraction unique (Binet et Vaschide).

Les *outils dynamographiques* permettent d'enregistrer directement la force déployée dans un travail donné, ainsi que toutes les composantes de cette force (Imbert, Amar).

L'emploi des outils inscrivants est exclusivement limité

à certains travaux manuels, et n'est pas toujours applicable pratiquement, car ceux-ci nécessitent un appareillage dont l'utilisation amène des variations dans le travail, dues soit à des causes physiques, gêne apportée par un appareil par exemple, soit à des influences psychiques favorisantes ou adverses, intérêt, curiosité ou mauvaise humeur.

En fait, ces appareils ont été moins utilisés pour la mesure de la fatigue que pour la détermination expérimentale des composantes du travail, d'autant plus que leur emploi a été souvent lié à la mesure d'autres phénomènes (pression artérielle, échanges et phénomènes respiratoires, etc.) Les outils dynamographiques sont donc en définitive des appareils de laboratoire et non pas des moyens de mesures de fatigue individuelle.

Le *test de Martin* se base sur l'examen de la plus grande partie des muscles du corps, et consiste à vaincre la résistance maximum des groupements musculaires examinés au moyen d'une traction appliquée par l'intermédiaire d'un peson à ressort, à enregistrement automatique. C'est la diminution de résistance statique qui sert d'indicatif de fatigue.

Ce test mesure le tonus musculaire, qu'auparavant on évaluait par les variations de l'angle formé, avant et après travail, par la cuisse et la jambe dans la position assise et les pieds ballants, ce qui n'a pas donné de résultats appréciables (Glibert).

Les groupements musculaires examinés sont les suivants : pectoraux, fléchisseurs de l'avant-bras et du poignet, abducteurs des cuisses, adducteurs des cuisses. Un coefficient établi par l'auteur permet de déduire, des groupements examinés, la force totale de l'organisme et par conséquent ses variations. Le test est effectué le sujet complètement habillé, à l'exception du veston pour l'homme, qui est enlevé. Pour chaque groupement musculaire examiné, il y a une technique spéciale, et une traction à exercer par l'intermédiaire d'un peson à ressort muni à une extrémité d'une poignée par où se fait la traction, et

à l'autre d'une boucle de cuir placée autour du membre en examen. Ce test nécessite deux opérateurs : l'un qui exerce la traction, et un assistant qui maintient fixe une pression invariable de la boucle autour du membre du sujet.

Par des études effectuées sur le champ du travail (5.518 tests pris sur 500 ouvriers industriels), Martin a établi que le test sert de critère de fatigue quotidienne ou cumulative, soit par diminution absolue de force, soit par l'intensité, la fréquence et la répartition des variations des tests successifs. Le coefficient de variabilité établi exprime la constance neuro-musculaire, dont l'instabilité est pour l'auteur un des aspects de la fatigue et traduit les variations liées à la constitution des individus, à la nature des travaux effectués ou aux conditions matérielles ou psychiques d'exécution du travail.

Ce test peut être utilisé comme critère de l'état physique pour déterminer les rapports de cet état avec l'efficacité industrielle de rendement, et comme test d'orientation professionnelle pour établir l'existence de ce que l'on peut appeler pour chaque profession une force type, c'est-à-dire la force moyenne atteinte par les différents individus dans cette profession. Il est intéressant de signaler à ce point de vue qu'une classification d'opérations industrielles, faite empiriquement, a coïncidé avec celle établie par le test de force de Martin.

Ryan, avec une technique analogue, est arrivé pour la fatigue au même résultat. Mais Lee, par contre, estime que ce test ne donne que des signes de détérioration physique prononcée et non pas d'indications valables pour le dépistage de la fatigue quotidienne.

Le test de Martin échappe à première vue aux critiques faites au dynamomètre. Il semble que les relations soient plus étroites entre l'état de fatigue et les phénomènes mesurés, car ceux-ci sont plus étendus. La technique est simple, l'appareillage est peu coûteux et facilement obtenu et, comme l'a dit Spaeth, deux travailleurs intelligents, avec un peu de pratique, peuvent l'effectuer avec vitesse et exactitude. De plus, le sujet est passif, on fait

appel seulement à sa résistance; il semble donc que tous les facteurs perturbateurs de ce côté soient éliminés.

On retrouve pourtant quelques-uns des facteurs de variabilité déjà signalés dans les tests du dynamomètre : facteurs physiologiques, psychologiques ou émotionnels, modifiant le tonus musculaire en dehors de la fatigue.

Les deux principales objections à apporter sont les suivantes :

En premier lieu, le test n'est pas applicable à des groupements musculaires douloureux. De plus, il est lui-même douloureux : dans 5 0/0 des cas, des crampes suivent l'exploration des muscles de la cuisse et parfois même on constate dans les jours qui suivent un certain degré d'ankylose, ce qui diminue la valeur industrielle du test. En second lieu, il nécessite une standardisation de la manière dont on pose la boucle pour la mesure de la force des groupements musculaires déterminés, et dont on effectue la traction; c'est ainsi qu'il faut éviter au début les coups secs ou saccadés qui invalideraient les résultats. La nécessité des deux opérateurs suffisamment entraînés n'est pas toujours réalisable. Signalons également la difficulté qu'il y a en France à se procurer des pesons à ressort, ce qui avait empêché le Pr. Langlois de procéder à la construction de l'appareil et à la vérification du test comme il aurait voulu le faire.

D'autres critiques sont plus graves; le principe même du test est sujet à caution. Si l'on admet que la diminution de force soit un indicatif de fatigue, il ne semble pas que résister à une traction soit une méthode naturelle d'exercer sa force, par conséquent n'en peut constituer une mesure normale, d'autant plus que le jeu de la volonté qui joue un rôle perturbateur dans les tests de pression n'est pas exclu dans les tests de traction. Il ne semble pas, en outre, que l'on obtienne immédiatement au moment de la prise une résistance maximum réflexe de la part du sujet. C'est ainsi que la différence entre la plus petite et la plus forte résistance à trois tractions successives sur un des pectoraux a pu dépasser quelquefois dix kilos (Martin). De plus, l'efficacité du travail volon-

taire et de la résistance à la contraction statique sont des caractères éminemment inconstants.

Le rôle de l'opérateur, enfin, dans la détermination de l'indicatif de force est très important, et conditionne en grande partie les résultats obtenus (Muscio, Eyre, Lee); si bien que pour un même individu, il est impossible de comparer des mesures faites par des opérateurs différents. L'opérateur agit surtout par la suggestion inconsciente qu'il exerce, la résistance du sujet semblant s'accroître avec la vigueur de traction effectuée (Muscio).

L'expérience manque encore pour savoir quels sont les résultats que peut donner ce test, car, à part Martin, il n'a pas été utilisé de façon systématique. Celui-ci, toutefois, le considère plutôt comme un test de groupe que comme un test individuel.

Avant de terminer ce chapitre, nous ne rappelons que pour mémoire qu'on a voulu faire de l'accroissement de l'intensité des *bruits* musculaires un test de fatigue (Holmes). Treves avait montré, en effet, que la fatigue peut changer le rythme des secousses invisibles musculaires, perceptibles au son.

Tests de précision, amplitude et de régularité musculaire

Les tests de cette catégorie se basent sur le fait qu'au cours d'un travail physique, aussi bien qu'intellectuel, un des premiers effets de la fatigue due à l'intensité du travail est la diminution de l'amplitude et de la régularité musculaires, avec apparition d'une certaine imprécision. La détermination de ces perturbations est effectuée soit par l'ergographe, qui mesure plus exactement l'amplitude musculaire, soit par les tests de visée et de traçage qui mesurent plutôt la précision et la régularité.

L'*ergographe*, inventé par Mosso, modifié et pas toujours perfectionné par de nombreux auteurs (Maggiora, Treves, Capobianco, Patrizi, Casarini, Grandis, Lombard,

Pantanetti, Ioteyko, Storey, Kronecker), permet de conclure à la fatigue de diverses manières : par diminution du rendement du travail ergographique à l'ergographe à poids constant, en notant comme index de fatigue la chute de la courbe (temps de perte de contractilité, Mosso), ou la capacité de récupération, c'est-à-dire le temps nécessaire pour retrouver la contractilité initiale après qu'elle aura été réduite à zéro (Kent, Kimura). La courbe ergographique, constante pour chaque individu (Mosso, Maggiora), comprend deux parties : la première en plateau est constituée par de larges mouvements d'amplitude constants qui durent jusqu'à ce que le sujet ne soit plus capable d'exécuter un mouvement d'amplitude normale (partie musculaire de la courbe indiquant la capacité de travail normale, Boigey); la seconde, en descente, comprend tous les mouvements d'amplitude décroissante jusqu'à arrêt; c'est la véritable courbe de fatigue (partie nerveuse de la courbe). Le quotient de fatigue est le rapport entre la hauteur totale des soulèvements et leur nombre, c'est-à-dire entre l'effort musculaire et l'effort nerveux (Ioteyko). Il diminue dans la fatigue physique (par diminution de la hauteur des mouvements) et augmente dans la fatigue psychique par augmentation de leur nombre (Ioteyko), ce qui permet de noter le moment où la fatigue cesse d'être purement musculaire et attaque les centres nerveux (Ioteyko). ce qui est nié par d'autres auteurs (Boigey et Dausset). L'amplitude de la courbe, tout en gardant la même proportionnalité entre ses deux parties, diminue d'autant plus vite en valeur absolue, que la fatigue est plus grande (Boigey).

On peut noter également l'allongement de l'intervalle de repos entre les contractions isolées nécessaire à la continuation indéfinie du travail (méthode de Maggiora). Enfin, dans d'autres cas, c'est la nécessité de diminuer les poids afin d'obtenir la même hauteur de contraction qui caractérise la fatigue (méthode de Treves).

La fatigue physique entraîne une diminution de la courbe ergographique (Mosso, Zuntz, Treves, Capobianco, Ferranini, Keller, Amar, Frois et Caubet, Boigey, Palacios).

La capacité de récupération est diminuée (St. Kent, Kimura).

Des résultats contradictoires ont été obtenus par Langelez qui, chez les mineurs belges, a trouvé que le travail ne semble pas diminuer la puissance et qui a noté des forces égales ou même supérieures avant travail et après travail; par Kimura, qui a noté une diminution dans le travail pénible, une augmentation dans le travail léger.

Pour la fatigue mentale, les résultats sont divergents, tantôt ils accusent une diminution (Mosso, Maggiora, Patrizi, Keller, Colucci, Saffiotti, Cionci, Schubert, Di Paola, Pistoja). Wolff, chez les étudiants, n'a pas eu de résultats pour la fatigue hebdomadaire, mais pour la fatigue portant sur de plus longues périodes (comparaison chez les étudiants en cours de scolarité et en cours du travail de mai et de juillet), il a noté une diminution du travail ergographique. D'autres auteurs ont noté une augmentation (Larguier et Bolton), et certains n'ont pas eu de résultats concluants (Thorndike, Bergström, Clavière, Kemsies, Squire, Miss Martyn, Oseretzkowsky, Kraepelin, Ellis et Shipe). Tümpel estime que l'ergographe ne s'applique pas à la mesure intellectuelle.

On peut dire qu'aucun appareil de physiologie n'a été accepté dans l'étude de la fatigue avec autant d'enthousiasme que l'ergographe de Mosso. S'il a joué un rôle important en la matière, s'il peut en jouer un dans la détermination de la valeur professionnelle, et favoriser la sélection ouvrière, il semble que sa valeur comme test de fatigue soit extrêmement restreinte.

Tout d'abord, les courbes ergographiques n'ont de valeur que dans le cas où les individus sont habitués à les prendre. La part de l'opérateur joue un rôle important (Zuntz) et nous retrouvons, dans une certaine mesure, les critiques apportées au test de Martin.

Il est nécessaire d'avoir des conditions expérimentales toujours identiques et les moindres différences peuvent être des causes d'erreurs appréciables. Treves est d'avis

que l'application de l'ergographe pour déterminer la fatigue est une chose extrêmement difficile, qu'une longue série d'observations sur chaque travailleur est essentielle mais pratiquement impossible, parce qu'elle occuperait trop de temps pris, soit sur les heures de travail, soit sur les heures de repos.

Il est difficile d'obtenir des résultats permettant des comparaisons. En effet, les facteurs qui modifient la courbe sont, les uns constants d'un jour à l'autre, à parité de conditions, les autres variables sans cause appréciable, agissant sur les muscles, les centres nerveux, la circulation, la nutrition générale, etc. Les conditions de l'expérience ont leur importance : valeur du poids, mesure de la résistance, etc... (Treves).

La douleur qui est précoce ne doit pas être prise comme limite musculaire de l'action qui est tardive (Imbert). Inversement, il faut éviter les associations musculaires qui, en prolongeant l'action, donneraient une illusion de forces accrues (Amar, Binet et Henri, Bergström). La combinaison des différentes articulations dans le mouvement, la limitation artificielle du mouvement provoqué par la fixation des doigts, la façon suivant laquelle le poids est attaché, le choix arbitraire de la résistance, constituent autant de causes qui modifient profondément et d'une façon indéterminée l'effet utile de la contraction; l'ergogramme ne peut donc être l'expression fidèle de la capacité de travail du sujet. Les tracés ergographiques ont peu de validité tant que l'adaptation et la coordination motrices ne sont pas complètes (Bolton et Müller, Ellis et Shipe, Keller et Smedley, Thorndike), ce qui nécessite un entraînement spécial des sujets.

D'autres facteurs d'erreurs, difficiles parfois à apprécier, dépendent de l'état momentané du sujet examiné; les uns sont physiologiques, les autres psychologiques (Kraepelin, Ellis et Shipe, Bergström, Franz). Parmi ceux-ci, notons le rythme diurne de puissance dû à des variations physiologiques normales (déclanchement soudain d'énergie (Rivers), nature des aliments, dépression due au jeûne (Maggiora, Zabludowsky, Bougoslawsky), façon de vivre,

repos de la nuit, excitation, efforts intellectuels, position du corps au cours de l'expérimentation, nature même et durée de l'exercice ergographique effectué (grandeur de l'effort à fournir, vitesse de marche, rythme du mouvement). La température extérieure agit également : le froid par une diminution de la courbe (Patrizi, Richet, Tigerstedt, Gad, Heysmans), la chaleur par augmentation (Keyser, Collemann, Pompillan, Carvallo, Weiss). Le changement de saison, le régime, le repos de la nuit ont une action. Les influences psychiques jouent également, les excitations sensorielles qui peuvent relever les courbes ergographiques (Féré). La pratique, de même, les améliore (Bolton et Muller, Smedley, Kraepelin, Oseretzkowsky) ; cette amélioration est due soit à des causes physiques (induration de la peau dans les parties où elle vient en contact avec l'instrument et accoutumance des muscles aux efforts demandés ; amélioration de la coordination des mouvements et disparition des mouvements inutiles ; amélioration de l'exécution rythmique de la contraction ; accroissement lent du pouvoir d'endurance des centres nerveux) ; soit à des causes volitionnelles et l'amélioration tend alors à disparaître à mesure que l'on approche de l'effort maximal. La mise en train est un autre facteur à influence inverse (Amberg, Rivers et Kraepelin).

Des facteurs, plus spécialement psychologiques, émotionnels, peuvent jouer, auto et hétérosuggestion (Roth, Spaeth, Binet et Henri, Kraepelin), ayant une action dynamogénique ou dépressive.

La coopération volontaire intelligente et attentive du sujet est nécessaire, et si elle peut être quelquefois réalisée dans les conditions de laboratoire, elle l'est, à coup sûr, plus difficilement dans les conditions ordinaires d'expérimentation qu'implique l'usage courant d'un test de fatigue. Pour toutes ces raisons, les résultats ergographiques ne valent pas pour des comparaisons de masse.

Le principe même du test paraît à reviser ; il ne semble pas que la production de fatigue dans un muscle corresponde à la quantité de travail fournie par lui et, par conséquent, la fatigue ne mesure pas nécessairement la capa-

cité de travail, d'autant plus que l'ergographe ne tient pas compte du travail physiologique de descente. Il s'ensuit donc que les relations entre la fatigue locale et la courbe ergographique paraissent faussées, à plus forte raison quand il s'agit de reporter cette courbe sur l'état de fatigue générale. Cela est d'autant plus marqué que le nombre des muscles examinés est restreint, ce qui a conduit à la création d'autres appareils (goniomètre de Dausset et Boigey).

D'autre part, si l'ergographe a pu servir de mesure de la fatigue, il l'a fait surtout dans des conditions expérimentales avec une fatigue artificielle, mais il a rarement servi à l'étude directe de l'individu ayant effectué une opération autre que l'opération ergographique. L'ergographe est donc en définitive un instrument d'étude de la fatigue, mais ne peut guère servir à sa mesure. Burdon Sanderson se demande même si, en définitive, les nombreuses recherches ergographiques effectuées ont pu servir à l'interprétation du phénomène de fatigue, et Lee si les courbes ergographiques ne révèlent pas autre chose que des défauts de nutrition locale (déficit d'oxygène).

Enfin, les courbes sont difficilement mises en rapport directement, d'abord à cause des conditions de travail et ensuite parce que la fatigue est un élément personnel. Dans ce but, Crespin propose de mesurer la fatigue en construisant un rectangle ayant, pour l'un des côtés, l'ordonnée initiale et, pour l'autre, le nombre des tractions. La courbe de fatigue délimite ce rectangle en deux parties et en le découpant suivant cette courbe et le rapportant sur un carton, on peut avoir le rendement, mesuré par le quotient du poids de la surface de travail au poids du rectangle construit.

Mais si comme mesure de la fatigue, l'ergographe ne semble pas donner les résultats espérés, il a tout de même fourni les lois de périodes de travail et de repos, et montré que, pour un effort dynamique identique, la capacité de travail se maintient plus longtemps avec l'augmentation de l'intervalle de repos (Broca, Ch. Richet, Maggiora et Treves). Pour un poids de 6 kilos par exemple, le travail

mécanique effectué pendant une heure est trente-deux fois plus fort au rythme de dix secondes que lorsque les contractions étaient faites toutes les secondes. Muscio a montré que, pour un même travail, selon les méthodes de repos employées, le rendement de huit heures pouvait passer de 120 à 2.400 unités. C'est là un phénomène dont l'importance ne saurait échapper dans le but d'utiliser rationnellement le travail humain, suivant le système Taylor.

Le *test de visée* a pour but de mesurer l'étendue de l'erreur effectuée dans l'exécution de mouvements précis volontaires de la main et du bras et revêt de nombreuses formes pratiques d'exécution, différentes selon les auteurs (Bryan, Woodworth, Whipple). Il consiste essentiellement à viser avec un crayon, ou une plume, ou tout autre stylet analogue, des points placés sur une cible.

Il semble que les résultats du test de précision soient conditionnés avant tout par la position de la cible par rapport au sujet et, d'autre part, par l'amélioration individuelle, variable, mais qui se produit nécessairement quand le test de visée est effectué avec une même cible. Il y a donc lieu de standardiser les conditions d'expérimentation. D'autre part, l'appréciation exacte de chaque mouvement de visée est assez difficile à faire.

Une méthode antérieure utilisée par Weichardt consiste à faire lever la jambe et à faire effectuer d'autres mouvements avec la main, dont l'imprécision traduit l'état de fatigue. Le gros facteur d'erreur est la fatigue statique du test qui influe plus que l'exercice d'une activité antérieure sur ces résultats.

Tests de contrôle et de coordination musculaire

La mesure de la coordination et du contrôle musculaire se fait par l'examen direct du *tremblement*, attitude du serment (Binet), ou au moyen d'appareils spéciaux (Camus). Elle peut encore être effectuée par l'examen de l'écriture (Goldscheider, Gross, Diehl, Meggendorfer,

Lehmann, Meumann, Miesmer, Mosso, Kraepelin, Binet et Courtier, Michon et Crepinx, Obici, Colucci et Saffiotti, Patrizi, Kraepelin). Cette coordination est augmentée dans la fatigue physique (Miesmer) et diminuée dans la fatigue intellectuelle (Miesmer, Mosso, Patrizi).

Mais les recherches de la diminution de la coordination ont été surtout effectuées par des tests spéciaux. C'est d'abord le *test de traçage*, qui consiste à évaluer les variations de mouvements continus, analogues à ceux qui sont effectués en tirant une ligne et mesure l'étendue des mouvements involontaires qui s'effectuent quand la main ou le bras sont au repos, alors que le test de visée mesure surtout le contrôle des mouvements involontaires.

La technique consiste à fixer une aiguille ou un stylet le long d'une fente et à noter, électriquement par exemple, le nombre de contacts effectués en tirant le trait. Whipple propose l'insertion d'une tige dans des trous de diamètres croissants, un dispositif électrique permettant d'enregistrer graphiquement les contacts de la tige introduite avec les bords du trou, les trous choisis étant de plus en plus petits jusqu'à ce que le sujet ait atteint sa limite de capacité d'immobilité (Whipple, Bryan, Muscio, Brézina, Pizzoli). Des instruments plus compliqués ont été utilisés : trémographe (Bullard et Brackett); automatographe (Jastrow, Stein, Titchener); digitographe (Delabarre); pursuitmeter de Miles, mesurant le temps de réaction, et la coordination de l'œil et de la main par rapport à un objet en mouvement. L'acte accompli dans ce test consiste à maintenir au zéro l'indicateur d'un galvanomètre au moyen d'une résistance variable, réglable par le sujet, les déviations de l'aiguille étant, d'autre part, provoquées par un circuit secondaire échappant au contrôle du sujet examiné; pendule de poursuite de Miles qui consiste à demander au sujet de recueillir, dans des godets gradués, un filet d'eau s'échappant de la partie inférieure d'un pendule mis en oscillation. Le volume d'eau recueillie par rapport au volume d'eau écoulée représente l'exactitude de poursuite.

Ces divers appareils mesurent l'étendue de l'exactitude

dans la série des coordinations, aussi importante que la vitesse de déclanchement.

On a constaté une diminution de la coordination motrice ou une augmentation du tremblement dans la fatigue physique (Mosso, Patrizi), ou intellectuelle (Mosso, de Amicis, Hollingworth, Smith), phénomène d'ailleurs connu par l'expérience personnelle.

Mais le tremblement est un phénomène normal physiologique constant, caractérisé par son rythme, son amplitude et ses variations (L. Binet), ce qui invalide en partie son utilisation comme moyen de mesure de la fatigue, et ce qui fait prévoir qu'un certain nombre de phénomènes physiologiques peuvent influer sur l'étendue des variations normales (Brezina). En fait, l'étendue des déviations offre un degré de variation plus ou moins grand, mais qui n'est pas toujours proportionnel à la quantité de travail effectuée, et à la fatigue (Brezina). L'examen direct du tremblement ne peut se faire que dans des états de fatigue trop avancés; de plus, les faits sont trop fugaces ou trop exceptionnels pour servir de base méthodique à une évaluation du degré de fatigue, quoiqu'ils montrent toute l'importance d'une exploration systématique du système nerveux, après une fatigue musculaire ou intellectuelle.

Pour ce qui est des autres tests, ils dépendent d'abord des conditions de l'expérience, de facteurs personnels, les uns physiologiques : position relative du corps et de l'instrument, respiration (Binet), circulation, causes de mouvements involontaires; les autres psychologiques: limitation volontaire du rendement, pratique, intérêt, mise en train, car ces tests semblent moins mesurer la diminution de précision et de coordination musculaires que l'attention elle-même. Sommer a montré toute l'influence de la pensée sur les mouvements inconscients. Busquet et Binet ont confirmé ces résultats et Binet a montré également, chez un prêtre-soldat, que l'exécution d'un travail intellectuel intense (prière effectuée au commandement) augmente l'amplitude des mouvements musculaires.

Test de vitesse musculaire

La mesure de la vitesse musculaire s'effectue par le test de *tapage* (tapping test), qui donne un indice des différentes formes de la faculté motrice, ainsi que les effets de la fatigue sur les mouvements rapides. Il consiste à demander au sujet de taper aussi rapidement que possible, avec un stylet, sur une planchette, pendant un temps déterminé, les appareils nécessaires d'enregistrement permettant une évaluation correcte des résultats. On admet que la diminution du nombre des tapages effectués, aussi bien que les changements de vitesse, sont un indice de fatigue. On constate en effet que chaque individu adopte spontanément un rythme particulier qui lui est caractéristique, dont la durée et l'allure varient avec la fatigue. Pratiquement, ce test peut être exécuté d'une infinité de façons et la méthode varie de l'exécution du simple trait ou pointage vertical, avec crayon et papier (Binet, Vaschide), à l'exécution de mouvements en vrille sur des clés d'appareil télégraphique (Whipple).

On note dans la fatigue intellectuelle un ralentissement du rythme spontané (Keller, Hollingworth, Lobsien, Lay, Stern, Gilbert, Wells) et dans les études de groupes, un nivellement des différences individuelles. Dressler a observé par contre une augmentation de vitesse par le travail mental et une marche active diurne.

Mais les résultats ne varient pas seulement avec la fatigue. Les conditions de l'expérimentation interviennent: type du mouvement par exemple, les taux de vitesse étant plus élevés lorsqu'ils sont obtenus par l'articulation du coude que par celle du poignet. Les divergences de méthodes et d'appareils employés expliquent la diversité des résultats (Whipple) et à ce propos le test de tapage est un de ceux qui nécessitent le plus de standardisation. Parmi les facteurs individuels, le rythme diurne joue un rôle (Dressler, Marsch, Hollingworth). La susceptibilité à

la fatigue, la pratique, le nombre des essais, la durée des expériences, l'excitation mentale, l'heure de la journée à laquelle les tests sont effectués, font varier le taux maximal de mouvements volontaires effectués, mais ne semblent pas influencer beaucoup l'amplitude. La mise en train, les coups de feu du début ou terminaux peuvent masquer, comme dans tous les tests d'exécution, l'influence de la fatigue.

Enfin, si l'on compte mesurer la fatigue par la diminution de vitesse musculaire, on s'aperçoit que ce test se rattache surtout à l'étude de la vitesse des processus nerveux. De plus, des travaux récents semblent montrer qu'il ne faut pas considérer la vitesse des mouvements volontaires comme un indice non équivoque de comparaison de la capacité motrice volontaire, parce qu'un taux élevé de réponses ne marche pas forcément de pair avec des vitesses élevées dans l'autre phase de la réponse motrice et que, de plus, on ne connaît pas quels sont les facteurs ultimes, nerveux ou physiques, qui conditionnent ces taux de réponses.

A l'ensemble des tests musculaires, un certain nombre de critiques générales sont à apporter.

Tout d'abord, les tests employés ne mesurent pas toujours ce qu'ils sont censés mesurer. Si le dynamomètre et l'ergographe mesurent bien les forces de pression et les amplitudes musculaires, il n'en est plus de même pour d'autres catégories de tests dès que nous arrivons à la régularité, à la précision ou à la vitesse, où le facteur nerveux devient prépondérant. Dans tout acte musculaire, en effet, il y a la réaction musculaire proprement dite et l'action nerveuse qui est elle-même double : facteur neuro-moteur, déclanchement de la volonté. Il n'est pas toujours facile de dissocier également la part qui revient aux deux (Treves).

Ensuite, si les tests musculaires sont valables lorsqu'il s'agit d'examiner des groupements musculaires qui ont fonctionné, il ne semble pas que l'on soit toujours en droit de conclure de l'augmentation de fatigue locale telle qu'elle

apparaît dans l'exécution du test, à un état de fatigue générale.

Indépendamment des influences perturbatrices déterminées, les tests musculaires posent la question du transfert de la fatigue, et du retentissement des fatigues physique et intellectuelle sur l'activité musculaire. Si certains admettent que la fatigue d'un groupe musculaire réagit sur les autres (Mosso, Maggiora, Mayer, Bougoslawski, Sachnine, Peckner, Weber, Lombard, Warren, Ioteyko, Kronecker, Cuttis, Binet, Bryan, Féré, Patrizi), d'autres auteurs le nient. Pour J. Bauer, la fatigue d'un groupement musculaire n'entraîne aucune diminution de la capacité de travail dans les autres groupements et les conséquences d'une fatigue musculaire restent donc exclusivement localisées au groupement musculaire fatigué. Il estime d'autre part que la fatigue intellectuelle n'a pas de retentissement sur le système musculaire. On sait d'ailleurs qu'un état de fatigue marqué, voire excessif, n'est pas incompatible avec des efforts musculaires d'intensité normale et il semble, en définitive, que la question reste complexe et toujours ouverte.

Enfin, les tests musculaires dépendent trop des conditions expérimentales, des influences physiologiques et psychologiques, et notamment de la volonté du sujet.

II. — TESTS SENSORIELS

Les tests sensoriels de fatigue, qui constituent avec les tests psycho-moteurs (temps de réaction) et les tests intellectuels purs ou mentaux, les tests psycho-physiologiques, se limitent à l'examen d'un petit nombre de sensations.

Sens musculaire

Le sens musculaire, fondamental à la vie de l'individu, marque le passage entre les tests musculaires d'action et les tests purement sensoriels. Il se mesure par l'*examen*

de la position des membres, ou par l'examen de la notion de la résistance.

Parmi les nombreuses techniques utilisées pour la notion de position (Blix, Ohrwald, cinématomètre de Neumann et de Gineff), la plus simple est celle qui consiste à bander les yeux au sujet, à imprimer à l'un de ses membres un changement de position repéré sur un tableau spécial permettant une mesure angulaire; le membre du sujet est maintenu dans cette nouvelle position un temps égal à son déplacement, et le sujet est invité à répéter le mouvement du début. La différence qui existe entre la première et la deuxième position exprime les variations du sens des attitudes et sert de mesure à l'état de fatigue. Elle est d'autant plus grande que l'état de fatigue est plus intense (Boigey, Pizzoli).

L'examen de la *station debout*, ou équilibre volitionnel statique (Babinski), qui dépend des voies cérébelleuses, se classe à côté de la notion de position des membres. Le sujet est examiné debout, les talons réunis, les yeux fermés ou bandés. On enregistre les oscillations de l'équilibre par les déplacements du sommet de la tête, selon des techniques appropriées (Vierordt, Leitenstorfer, Zuntz, Weirr Mitchell, Hinsdale, Bullard, Brackett, Hancock, Poulton, Wallis, Melville et Gates, Head, Stratton et Hémon, Boigey, Martin, Miles).

Les oscillations de l'équilibre qui, à l'état normal, dans les sens antéropostérieur et latéral, ont une amplitude constante et déterminée pour chaque individu, croissent en raison directe de la fatigue physique ou intellectuelle (auteurs cités ci-dessus), et présentent de plus des fuites, le style inscripteur quittant une plage d'équilibre pour en atteindre une autre, dénotant ainsi un certain manque de coordination (Boigey).

Ces tests semblent assez faciles à appliquer, le test de la notion de position des membres n'exige aucun appareillage et les variations peuvent en être facilement appréciées par des moyens de fortune. Le test de l'équilibre

statique peut à la rigueur se passer d'appareils inscripteurs quelconques. Mais les indications données ne varient pas seulement avec la fatigue.

Le sens de la position, en effet, n'est pas conditionné par la sensibilité musculaire seule et dépend des sensibilités articulaires (Goldscheider et Levinski), cutanée (Schiff et Aubert, Bourdon, Ruffini), qui peuvent être autant de sources d'erreurs. De même dans l'équilibre statique, des facteurs autres que la fatigue influencent la stabilité; les uns liés à l'anatomie et à la physiologie de la position : hauteur, poids, sexe et âge du sujet, mais surtout position des pieds et influence de la chaussure (Zuntz). Le réflexe de l'équilibre a, en effet, son point de départ dans les nerfs de la peau de la région plantaire, et dans ceux des tendons et des muscles du pied, de la jambe, et les tracés peuvent être complètement altérés par les variations de cette sensibilité et l'état des pieds, notamment après une marche (Zuntz). D'autres facteurs sensoriels interviennent, notamment la vue (Hinsdale, Hancock, Bullard et Brackett, Miles), puisque l'occlusion des yeux exagère l'oscillation; d'où nécessité pour la comparaison, de conditions d'opération identiques : yeux bandés ou découverts, au choix. Il ne faut pas oublier les impressions labyrinthiques, dont les troubles peuvent être de grosses causes d'erreur, quoique des travaux récents montrent que, dans une certaine mesure, les conditions d'équilibre du labyrinthe peuvent être suppléées par le cerveau lui-même (Broca).

Les oscillations peuvent être influencées par des facteurs physiologiques, rythmes cardiaque et respiratoire, ainsi que par diverses causes qui, en dehors de la fatigue, modifient le tonus musculo-nerveux : faim, rassasiement, absorption d'alcool, certains états pathologiques, action du froid, du diabète (Miles); par des facteurs psychiques, en premier lieu ceux dus à l'attention : appréhension, distraction, tension d'esprit, etc...

L'examen même du tracé obtenu par les appareils enregistreurs ne donne pas facilement la longueur vraie des tracés effectués ou le taux oscillatoire (grande confusion

des lignes). Si l'on mesure les déplacements extrêmes, soit dans le sens postérieur, soit dans le sens latéral, on s'aperçoit que la surface totale de déplacement est un facteur accessoire du graphique. Les mouvements oscillatoires sont inscrits le plus généralement à l'intérieur d'une superficie beaucoup plus petite que celle qui est couverte par les déplacements extrêmes. Il faut alors mesurer la valeur proportionnelle de ces excursions moyennes par rapport aux mouvements de déplacement plus larges, afin d'avoir une base de comparaison, ce qui n'est pas toujours commode.

La *notion de résistance musculaire* se mesure par le soupèsement de poids (résistance dynamique) et consiste à déterminer la plus petite différence qui puisse être perçue. Cette sensibilité discriminative s'émousse dans la fatigue physique ou intellectuelle (Mosso, Galeotti). Mosso a indiqué qu'un employé des postes pouvait distinguer le matin deux lettres pesant quinze grammes et quinze grammes cinq, mais que le soir, lorsqu'il était fatigué, il en était incapable. Boigey accorde de l'importance à la durée de la persistance de la diminution, plus encore qu'à sa valeur. Il a noté dans certains cas une diminution durant jusqu'à trois jours. Lahy, S. Kent, par contre, n'ont pas obtenu de résultats concluants.

Mais les facteurs de variabilité du test sont extrêmement nombreux : sensations cutanées, articulaires, tendineuses, différences de température entre le poids et la peau, variations de température des poids eux-mêmes, surface et lieu d'application, dépressibilité de la peau. La pratique, l'état d'entraînement, la plus ou moins grande répétition des tests influent sur les résultats. Lahy et St. Kent avaient d'ailleurs noté qu'avant d'obtenir des résultats précis, il y a toujours, de la part du sujet, une période de tâtonnements et d'adaptation. Enfin, les sensations ont un certain temps de latence qui varie selon les états psychologiques.

De plus, comme l'énonciation de l'appréciation du seuil est un facteur éminemment subjectif, toutes les causes de

perturbation de l'appréciation de sensations entrent en jeu; en particulier, l'attention et la mémoire (mémoire du poids précédent) sont des facteurs importants, qui déterminent l'équation personnelle du sujet et dont la connaissance est nécessaire pour obtenir des comparaisons entre individus.

L'*illusion musculo-visuelle de soupèsement* est à rapprocher de la notion de résistance. Elle consiste dans la tendance de l'individu normal à admettre que de deux objets réellement égaux en poids, le plus petit est le plus lourd. Ley a fondé dans ce phénomène un test de fatigue. Une petite balle de poids constant (52 gr.) est donnée au sujet qui doit choisir dans une série de balles plus grandes de poids variables, celle qui lui paraît égale à la petite. Les deux mains sont utilisées, les balles passant librement de l'une à l'autre. Les conclusions tirées, toutes illusoires qu'elles sont, représentent une réponse neuro-musculaire plutôt compliquée, et quand l'illusion décroît, la plus grande exactitude dans l'estimation du poids des balles indique un fonctionnement moins parfait des réactions corporelles, même si l'on a des résultats plus corrects. Ley a trouvé que l'illusion de poids est définitivement diminuée et parfois même inversée par la fatigue, ce dernier point ayant été établi par comparaison des réactions chez des infirmières en travail de jour et en travail de nuit.

Ce test nécessite des études ultérieures avant qu'on ne puisse se prononcer sur sa valeur. Toutefois, au point de vue théorique, on ne connaît pas tous les facteurs qui peuvent influencer cette illusion musculo-visuelle; d'autre part, la technique doit en être minutieusement réglée, toutes les difficultés venant de la durée de la fréquence du soupèsement. Il y a intérêt notamment à ne faire effectuer les comparaisons qu'un petit nombre de fois, l'illusion tendant nettement à décroître avec le nombre des soupèsements. Il faut donc régler minutieusement les différences de surcharge des balles à examiner.

Sensibilité cutanée

Le test *de sensibilité à la pression*, qui fait appel exclusivement à la notion de résistance cutanée, consiste à déterminer la plus petite différence qui puisse être perçue entre des poids posés sur la peau (résistance statique), ce qui est effectué au moyen de différents appareils (Weber, Frey, Toulouse, Vaschide, Beaunis, Whipple). On admet que la discrimination diminue avec la fatigue.

L'examen de la sensibilité cutanée à la pression a été peu utilisée comme test de fatigue, et a fait place à l'*algésimétrie*, qui consiste à déterminer le seuil de la douleur par des excitations variées, pincement, piqûre, température, décharge électrique, mais surtout pression au moyen d'appareils spéciaux : algomètres à pression (Mac Donald, Chéron), ou à pincement (appareils de Toulouse et Piéron). Diminuée dans la fatigue physique (Treves, Ioteyko et Stephanowska), la sensibilité à la douleur est tantôt augmentée dans la fatigue intellectuelle (Treves, Binet, Ioteyko, Vannod. Swift), tantôt diminuée (Binet, Ioteyko, Stephanowska, Wagner, Blazek, Heller).

Si le test paraît commode, ne nécessitant qu'un appareillage minime, la détermination du seuil est difficile à établir. Les facteurs perturbateurs influent, provenant les uns de l'expérimentateur, les autres du sujet.

La façon de poser l'appareil, l'état de tension de la peau apportent des modifications à la douleur. Le seuil est d'autant plus élevé que la pression est appliquée plus rapidement et inversement (cette perturbation pouvant être éliminée par certains appareils à pression constante, tels que la balance à poids), d'où obligation de standardiser la vitesse d'application de la pression dans tous les tests. Il faut également standardiser les intervalles de temps d'examen sur une même région, pour éviter l'hypersensibilité par des applications successives et l'hyposensibilité par application continue, au même endroit, quotidiennement, pendant plusieurs semaines, par exemple

(induration anatomique). Le seuil de la douleur varie également et s'accroît avec la superficie excitée (Griffing).

Le contrôle du test est difficile, car l'appréciation de la douleur est un phénomène essentiellement subjectif. Pour ne pas avoir à se fier aux réponses du sujet, certains auteurs ont voulu s'adresser aux variations de la dilatation pupillaire consécutive à la douleur. Mais si cette dilatation fait défaut dans les analgésies organiques, elle persiste dans les analgésies psychiques. L'appréciation de la douleur dépend de la capacité du sujet à la distinguer de la sensation de forte pression, ce qui peut varier avec certains facteurs physiologiques mais surtout psychologiques : intelligence, bonne volonté, courage, amour-propre, attention qui perçoit et mémoire qui compare. Enfin, la suggestibilité peut jouer un certain rôle. L'expectative et l'attente, les idées préconçues, peuvent exagérer la sensation subjective de douleur. L'habitude peut, d'autre part, la retarder (Binet).

Ce test ne permet pas de comparaisons objectives entre divers individus. Enfin, il semble difficile, dans certains cas, pour des raisons purement morales, de faire accepter un test de douleur, si légère soit-elle.

Employée pour la première fois pour la mesure des travaux intellectuels (Griesbach, 1895), l'*esthésiométrie* consiste à mesurer avec le compas de Weber ou autres appareils analogues, a distance à llaquelle l'application simultanée de deux pressions punctiformes sur la peau, entraîne une perception de sensation unique (seuil de la dualité, index esthésiométrique, seuil de la sensation de l'espace, indice de la délicatesse de toucher).

Dans la fatigue intellectuelle, on note une élévation du seuil esthésiométrique (Griesbach, Vannod, Treves, Blazek, Wagner, Heller, Ferrari, Sakaki, Ley, Michotte, Norkoff, Binet, Schuyten, Boroff, Abelson, Martin, Withington et Putnam, Fr. Wolff). Mais si elle est légère, elle s'accompagne d'hyperesthésie (Treves, Binet). Par contre, Germann, Leuba, Ritter, Ellwangen, Bolton, Meumann, Alt-

schuhl. Kraepelin estiment que la méthode ne donne pas de résultats satisfaisants.

Dans la fatigue physique, les résultats sont des plus contradictoires : on constate tantôt une diminution (Treves, Federoff, Palacios), tantôt pas de modification (Griesbach), tantôt des résultats inconstants dans un sens ou dans l'autre (Lahy, Langelez, Frois et Caubet), tantôt une augmentation (Amar).

La diversité des résultats provient de ce que la détermination du seuil n'est pas chose facile et les facteurs perturbateurs proviennent, soit du sujet, soit des conditions d'expérimentation.

Du côté du sujet elle dépend, avant tout, de la sensibilité tactile au contact. Le temps de latence des sensations cutanées a une influence sur la perception du seuil. La distance minima nécessaire à deux perceptions distinctes ne peut être estimée qu'à cinq dixièmes de millimètre près, ce qui fait que les erreurs sont faciles à commettre. Aussi ce test, qui exige une certaine finesse des sens, de l'intelligence et une interprétation des sensations, ne peut être généralisé (Langelez). Il y aurait des différences quantitatives de sensibilité dans les différents groupes professionnels et sociaux, en ce sens que les groupes les plus élevés présentent par auto-sélection, les éléments plus intelligents qui ont une sensibilité plus grande, par pouvoir d'appréciation plus grand (Schuyten, Cormon, Niceforo).

La détermination du seuil dépend également de l'attention réglée par l'intelligence du sujet (simpliste, distrait ou interprétateur selon Binet) et par son pouvoir de concentration. Dans le test esthésiométrique, comme dans tous les tests sensoriels, il faut distinguer le seuil de la sensation, qui correspond à une différence notée, et le seuil de la perception, qui est la détermination de cette différence. Le rôle de l'interprétation est d'autant plus important qu'il n'y a pas de transition brusque entre la perception d'un point et celle de deux points, mais au contraire une région intermédiaire où les sensations ne sont pas nettement différentes pour un point ou pour deux

points, étant interprélées différemment selon les sujets. Dans cette détermination, la mémoire de la sensation précédente joue un rôle important qu'il ne faut pas oublier. Cela est si vrai que certains sujets n'arrivent pas à faire la détermination et répondent « deux » quand une seule pointe est appliquée. C'est le paradoxe esthésiométrique qui est une source sérieuse de difficultés dans la prise de ce test.

La coopération complète du sujet est nécessaire pour éviter la distraction ou l'automatisme. Binet a d'ailleurs démontré, par une méthode ingénieuse, qu'il était possible de mesurer séparément la sensibilité tactile et l'attention. Le pourcentage de réponses « 2 » pour des sensations séparées de 5, 10 et 15 mm. servait à indiquer la délicatesse du toucher, et le pourcentage des réponses « 1 » pour des intervalles de 20, 25 et 30 mm. servait à indiquer le relâchement de l'attention. La suggestibilité, de même que le manque d'accoutumance au test, jouent un rôle perturbateur (Schermak, Volkmann et Dressler). Ce n'est que lorsque le sujet a subi l'entraînement nécessaire que l'on obtient des résultats qui permettent des comparaisons.

D'autre part, le seuil esthésiométrique ne varie pas seulement avec la fatigue, il présente un rythme quotidien (Schmey, Adsersen, Tawoney) est est influencé par d'autres facteurs ; les uns sont physiologiques, comme la circulation (Brown-Sequard, Schmey). C'est ainsi que l'hyperhémie artérielle accroît la sensibilité cutanée, alors que l'anémie ou le froid, une tension excessive de la peau la diminuent.

De plus, la valeur du seuil varie également avec les instruments employés, selon qu'ils sont simples ou compliqués, les détails de technique, les méthodes de détermination, progressive, ou par bonds ou contrastes, la méthode progressive nécessitant plus de compétence de la part des observateurs. Il faut effectuer la pression parallèlement à la peau explorée, de telle façon que les deux points prennent contact simultanément, sous peine d'erreurs; il la faut toujours constante (double esthésiomètre à poids de Kammel); les sensations cutanées persistant

après excitation doivent être espacées. Certaines précautions s'imposent, par exemple éviter les contacts avec les poils qui produisent une sensation de chatouillement; ne pas faire des superpositions d'application qui, comme dans l'algésimétrie, entraînent, si elles sont rapprochées, une hyperexcitabilité, et, si elles sont suffisamment répétées, une hyposensibilité par accoutumance à la réaction locale. La surface du corps examiné joue un certain rôle; quelques points sont plus sensibles que d'autres.

Enfin, les résultats ne permettent pas de comparaison entre les individus différents. Ce qui informe la valeur du test comme test de masse. En fait, la méthode esthésiométrique n'a que des apparences d'objectivité et ne peut être retenue (Treves, Dürig).

Sensations visuelles

Les tests de vision s'adressent à l'acuité visuelle, au champ visuel et à la perception des couleurs (tests nerveux) et exceptionnellement à l'accommodation ou à la coordination musculaire (test neuro-musculaire).

L'*acuité visuelle*, mesurée par les échelles optométriques, semble avoir donné d'ailleurs des résultats inconstants. Pour certains, elle diminue avec la fatigue (de Lantheere, Bocci, Altobelli, S. Kent, Frois et Caubet, Amar). Pour d'autres, elle ne bouge pas (Benedicenti et Ricchi, Lahy); pour d'autres enfin elle augmente (Lahy).

Le *champ visuel* est mesuré par le périmètre ordinaire ou par celui de Polack, ou par certains appareils spéciaux. Parmi ces derniers signalons l'appareil de Monrad Krohn, qui se compose essentiellement d'un diaphragme mobile montrant le champ visuel séparément pour chaque œil, ainsi que la quantité de recouvrement de ces deux champs dans la vision binoculaire. Le test consiste à faire lire un seul nombre très long de 30 chiffres, répartis dans les deux champs visuels. Le champ visuel diminue avec la fatigue (Krohn, Kemsies, Bocci). Boehmig a de même constaté après une forte fatigue physique des scotomes

transitoires de nature bénigne, dont les sujets n'avaient fréquemment pas conscience.

Plus utilisée est la *perception des couleurs* qui diminue avec la fatigue physique (Ioteyko, Altobelli, Rolandi, Boehmig).

La diminution varie d'ailleurs avec les différentes couleurs, la plus grande ayant lieu avec le jaune qui a le champ visuel le plus ample, la plus petite avec le vert qui a le champ visuel le plus restreint, en passant par le bleu, le violet, le rouge (Rolandi, Haas).

L'examen de la *persistance des impressions rétiniennes disparates* a montré que les états de fatigue physique ou intellectuelle abaissent leur seuil de fusion (augmentation de la persistance des impressions, Janet, Piéron), par diminution de tension psychologique. La détermination est effectuée par la rotation de disques présentant des secteurs de couleurs différentes; la vitesse imprimée au disque, pour obtenir la fusion des impressions, sert de mesure à la persistance des impressions visuelles, car elle doit être plus rapide si le sujet présente un état de fatigue plus avancé. Le seuil est facile à déterminer sans ambiguïté de réponse, car le moment où se fait la fusion des impressions successives quand cesse exactement l'impression caractéristique des papillotements, que ce soit l'augmentation de la persistance réelle ou la diminution de la sensibilité différentielle qui soit en jeu (Piéron).

La *durée de l'accommodation* peut être mesurée par le test de Ferrei et Rand. On fait examiner des cercles de raies blanches et noires au seuil de l'acuité visuelle, de sorte que l'accommodation est nécessaire pour une vision distincte. Quand elle cesse, le sujet voit une plage grise. La durée de l'accommodaton diminue avec la fatigue de l'œil et accuse de plus grandes oscillations. Mais ce n'est là qu'un test de fatigue locale, qui ne peut s'effectuer que dans des conditions bien déterminées, avec un sujet entraîné au test, et qui n'est pas approprié au dépistage de la fatigue générale.

L'*étendue du pouvoir d'accommodation* se mesure en déterminant expérimentalement la distance du punctum

remotum et du punctum proximum, et s'exprime en centimètres ou en dioptries.

Elle est augmentée dans la fatigue physique (Baur, Bocci, Kimura), surtout par éloignement du punctum remotum (Baur, Kimura), l'état du punctum proximum ayant été rarement déterminé (Kimura). Cette étendue du pouvoir d'accommodation est due au fait que les muscles de l'accommodation ne se relâchent pas complètement dans la vision éloignée, mais conservent un certain tonus qui disparaît dans la fatigue (Baur, Kimura).

Des résultats irréguliers ont été obtenus par Schilling, et contradictoires par Korff-Petersen, qui a constaté, après fatigue, une diminution du pouvoir d'accommodation exprimé en dioptries.

Cette méthode est trop subjective, d'expérimentation trop délicate pour pouvoir être utilisée. D'autre part, les variations du pouvoir d'accommodation peuvent se produire dans différentes positions du punctum proximum et du punctum remotum, ce qui ne donne pas des renseignements sur l'état des muscles de l'accommodation (Kimura). Toutefois, il semble que la musculature de l'accommodation ait tendance avec la fatigue physique à montrer un relâchement dans la vision éloignée (Kimura).

La *mesure de la pupille*, la possibilité de *vision binoculaire* (Hermann), la *vitesse d'accommodation* (Moore), ont parfois été utilisées (Dürig), mais sans grand résultat. Bocci, notamment, remarque que dans la fatigue les pupilles présentent une réaction de sautillement rapide et inconstant.

A l'ensemble des tests de vision, un certain nombre de critiques générales sont à faire. Ils ne peuvent s'appliquer qu'aux sujets ayant un appareil visuel normal, sans troubles de réfraction ou de perception. Les variations psychologiques, les oscillations de l'attention sensorielle sont des facteurs influençant les résultats en dehors de la fatigue. Les mesures doivent être faites dans la partie centrale rétinienne où l'acuité soit à la lumière, soit aux couleurs, est plus marquée. L'état physiologique de l'œil doit être rendu aussi constant que possible, ainsi que

l'éclairage, ce qui n'est pas toujours réalisable (Frois et Caubet). La grandeur des surfaces, l'emploi d'un œil ou de deux, la durée de l'excitation, l'adaptation de l'œil sont autant de facteurs perturbateurs. Enfin, les éléments mesurés présentent parfois des variations trop petites pour qu'elles soient appréciables d'une façon absolue.

Sans vouloir les indiquer toutes, retenons quelques-unes des critiques particulières qui peuvent être apportées à ces tests. Dans la mesure de l'acuité visuelle, il ne faut pas employer les tableaux de lettres que le sujet peut deviner, alors que réellement il ne les voit pas.

Dans le test des perceptions des couleurs, il faut tenir compte de la fatigue propre due aux visions colorées au cours de l'expérience, ce qui peut venir modifier les résultats, ainsi que des facteurs parasites dus à l'éclat de la lumière, etc.

Si le test de persistance des impressions rétiniennes disparates est un test de détermination de seuil différentiel qui échappe aux influences des oscillations de l'attention, il ne paraît donner des résultats que dans des efforts physiques intenses, ce qui semble infirmer sa valeur pour la détermination précoce de la fatigue (Piéron).

Sensations auditives

L'*acuité* est la seule des sensations auditives qui ait été utilisée comme test de fatigue. Elle est mesurée par l'appréciation des variations d'intensités transmises ou produites, en déterminant la plus grande distance à laquelle un son peut être entendu, ou, à une distance finie, le son le plus petit qui peut être perçu.

Elle est diminuée dans la fatigue physique (S. Kent, Frois et Caubet, Maublanc et Ratié), selon une courbe quotidienne analogue aux courbes industrielles de rendement (Frois et Caubet), ainsi que dans la fatigue intellectuelle (L. Rémy).

La détermination de son minimal perceptible permet moins facilement d'avoir des unités objectives de mesure comparables, que la méthode où l'évaluation des distances

sert directement d'indice d'acuité. L'exécution pratique des tests varie selon les auteurs : montre, diapason, acoumètres. Les tests, où le son est donné par la voix, sont à éviter, car il n'y a pas de constance dans l'intensité produite.

Les tests de *discrimination chromatique* (au diapason) dépendent trop de la pratique et de l'éducation musicale du sujet pour pouvoir être d'un emploi généralisé. Les tests auditifs se limitent d'ailleurs aux individus qui ont un appareil d'audition sain, ce que l'on pourra déterminer auparavant par les épreuves de Rinne et de Weber.

Il semble enfin que la diminution de l'acuité auditive soit moins une diminution vraie qu'une diminution de l'attention. Ce serait non pas une fatigue sensorielle, mais une fatigue centrale (Dürig).

Un certain nombre de critiques générales sont donc à apporter à l'ensemble des tests sensoriels. Puisqu'ils reposent sur la recherche soit du seuil de sensation liminale, soit du seuil de sensation différentielle, ils se heurtent à toutes les difficultés inhérentes à ces déterminations.

Ils dépendent avant tout de la part du sujet, d'une perception exacte, d'une attention en éveil, d'une mémoire correcte qui permet de faire l'appréciation des différentes sensations, et d'une intelligence avertie qui permet d'énoncer le jugement discriminatif. L'attention et la mémoire, en particulier, jouent un rôle trop important dans les seuils sensoriels, dont l'intensité provoquée par une excitation d'une certaine valeur n'est constante que si les conditions psychologiques de la réception le sont également, et toute condition qui fait varier cette intensité peut diminuer ou annuler les phénomènes sensoriels enregistrés (oscillations de l'attention ou de la mémoire, excitants sensoriels parasites, courants associatifs de pensée, etc.). Il n'est pas indifférent de mesurer la valeur du seuil absolu ou du seuil différentiel en partant d'une excitation nettement perçue ou différenciée d'une autre, pour descendre au point où cesse la perception exacte, ou au contraire en partant d'une excitation incapable de

provoquer la perception cherchée, de l'augmenter jusqu'au point où elle apparaît.

Les résultats des tests se fondant d'autre part sur des indications données par les sujets, tombent dans le domaine de leur volonté et sont incontrôlables.

Les phénomènes sensoriels varient en outre avec d'autres facteurs que la fatigue.

Enfin, on ne connaît que très imparfaitement les relations de la fatigue physique ou mentale avec les sensations.

Agit-elle directement, par diminution de la capacité de perception sur la sensibilité elle-même, ou seulement par l'intermédiaire des modifications de l'attention ou par manque d'adaptation ? Pour certains tests (vision, audition), il semble que ce soit la sensibilité elle-même qui soit plus atteinte.

Pour d'autres tests esthésiométriques, algésimétriques, sens musculaire, il semble que ce soit la capacité d'attention qui soit davantage influencée.

III. — TEST DES TEMPS DE RÉACTION

Le temps de réaction psychomotrice est le temps écoulé entre la production d'une excitation sensorielle et l'accomplissement de la réponse volontaire.

La réaction utilisée est simple (un seul stimulant sensoriel, une seule réponse motrice), ou « de choix » (discrimination d'excitations et de réactions). Les dispositifs expérimentaux très variés suivant les excitations sensorielles utilisées (auditives, visuelles ou tactiles) et les réponses demandées, permettent de déterminer par des dispositifs appropriés la moyenne des temps de réaction (diminution, augmentation), et surtout leur régularité, plus importante que le premier facteur (Lahy, Maublanc et Ratié). Cette régularité dépend des valeurs extrêmes des réactions obtenues. Les divers individus ont un temps de réaction propre (Boigey), oscillant autour de certaines valeurs variables selon les excitations et qui

permet de les classer dans le type musculaire ou dans le type sensoriel.

Patrizi récemment est arrivé à obtenir l'inscription graphique de l'allongement des temps de réaction (psychométrographie), par un dispositif ingénieux : les signaux des excitations rythmiques mécaniquement déterminées au même point de passage du cylindre enregistreur (tournant sur une vis hélicoïdale), sont tous superposés sur une même ordonnée, et les signaux des réactions sont notés en abcisses. Les courbes ou proséxigrammes au même titre que l'écriture ou que les courbes ergographiques de Mosso, sont caractéristiques de l'individualité psychique de l'individu.

La fatigue physique augmente la durée des temps de réaction et les écarts dans des réponses successives (Mosso, Treves, Bettmann, Féré, Welch, Scripture, Moore, Amar, Toulouse et Piéron, Vincent, Catell et Berger, Saffiotti, Wundt, Kiesow, Herlitzka, Lahy, Ioteyko, St. Kent, de Sanctis, Binet, Richet et Laugier, Camus et Nepper, Frois et Caubet, Maublanc et Ratié, Cordonnier, Palacios). De même, les temps de réaction aux variations d'équilibre, mesurées au fauteuil oscillant de Broca, subissent un allongement dans la fatigue, avec erreurs dans le sens du déplacement (Maublanc et Ratié). Des résultats inverses (diminution), ont été signalés par Lahy, Langelez, Speck, ou inconstants (augmentation ou diminution) par Bettmann, Mayera, Dürig, S. Kent, Kimura.

Dans la fatigue intellectuelle, les résultats sont un peu variables. Si certains auteurs constatent une augmentation des temps de réaction (Bettmann, Trautschold, Hollingworth, Smith, Speck, Lamy), d'autres ne trouvent pas de variations (Binet, Araï, Ellis et Shipe). Pratiquement, la technique demande de l'opérateur une certaine habitude, une connaissance approfondie de l'appareillage qui, pour que l'étude des réactions psychomotrices ait une valeur, doit être précis, simple, permettant de rendre comparables les expériences faites par des observateurs différents. Jusqu'à présent, en effet, les données ne sont pas compara-

bles entre elles, et les facteurs personnels de celui qui fait les expériences semblent jouer un rôle encore trop appréciable. Le déterminisme expérimental rigoureux rend toutes comparaisons impossibles.

La diversité et l'interprétation des résultats font que malgré les apparences le temps de réaction ne peut être un bon test de fatigue.

Le mécanisme du temps de réaction en effet est complexe. La sensation et la perception, l'élaboration et le réflexe, l'appareil moteur, jouent un rôle et il est difficile de déterminer la partie sur laquelle porte exactement la fatigue. L'attention et la discrimination sont les facteurs psychiques qui entrent en jeu; la vitesse de mouvement est le facteur physique.

Aussi les temps ne varient-ils pas seulement avec la fatigue. Tout d'abord, les temps de réaction oscillent autour d'une zone moyenne et présentent chez le même sujet des variations légères à l'intérieur de la zone physiologique, suivant les jours et les heures, faisant rentrer, de ce fait, les réactions psychomotrices dans la loi générale des fonctions biologiques (Behague et Beyne). Ils varient ensuite suivant les circonstances diverses capables d'influencer la perception et le fonctionnement du système neuro-musculaire. Les réactions sont ralenties et instabilisées avec l'âge, avec les états pathologiques : blessures, traumatismes et surtout maladies infectieuses, où les modifications sont nettes pendant les périodes d'incubation, alors que le malade n'accuse aucun malaise (Maublanc et Ratié). L'alcool, le tabac, les stupéfiants ont le même effet plus marqué sur les variations de l'équilibre que sur les autres réactions psychomotrices (Maublanc et Ratié). La chaleur atmosphérique, le froid, les insomnies, l'ensoleillement, la digestion (Boigey), les émotions (Camus), ralentissement également les temps de réaction.

Les excitations elles-mêmes jouent un rôle dans la détermination du seuil. Leur qualité et leur quantité doivent être invariables et suffisamment éloignées du seuil pour que l'on ait le temps de réaction minimum (Wundt, Piéron). Il faut éliminer ensuite tout facteur parasite sus-

ceptible de compromettre la pureté de la sensation excitatrice, le sujet risquant de répondre à d'autres excitations que celles que l'on veut mesurer. C'est ainsi par exemple que des temps de réaction qui paraissent visuels (déclanchement de panneaux colorés), peuvent en réalité être auditifs (bruit que fait l'appareil en déclanchant le panneau masqueur). On ne sait pas dans quelle mesure, consciemment ou non, le sujet répartit son attention sur l'une ou l'autre de ces sensations. Quand on se sert d'excitations tactiles, elles doivent être produites pour ne mettre en jeu que la sensibilité cutanée, à l'exclusion des sensibilités profondes.

L'exactitude des résultats exige un enregistrement correct du début de l'action physique d'excitation et du moment de réaction motrice, c'est-à-dire la mesure du retard propre des appareils excitateurs (Behague et Beyne).

L'attitude mentale des individus joue un rôle, qu'elle soit en dehors de l'expérience (préoccupation morale, soucis), ou qu'elle s'y rapporte, attitude sensorielle ou motrice, celle-ci paraissant susceptible de raccourcir le temps de réaction dans des proportions variables avec les excitants (Behague et Beyne).

De plus, le test est sous la dépendance de la volonté du sujet, mais les tentatives de simulation se reconnaissent facilement à ce que les temps de réaction sont beaucoup trop allongés, et à ce que les valeurs sont dispersées irrégulièrement avec un indice de variabilité trop élevé (Saffiotti).

Mais ce qui domine avant tout, c'est le fait que le temps de réaction mesure moins la capacité sensorielle que l'attention (Buccola, Patrizi, Kimura), et dans le test de réaction de choix, la capacité d'effort. Le temps de réaction, en effet, diminue quand l'attention du sujet est bien fixée (Wundt, Tschisch, Munsterberg, Obersteiner, Buccola, Lange, Cattell, Bartels, Blix, Patrizi). L'attention sensorielle n'est pas, en effet, une entité fixe. Elle présente des oscillations spontanées ou volontaires (Munsterberg, Wundt, Lange, Eckener), portant sur le renfor-

cement de l'intensité sensorielle (habitude des seuils, précision des perceptions), ou sur la vitesse des phénomènes provoqués par l'excitation (diminution des temps de perception, diminution du temps de l'élaboration de la réaction, etc...). L'attention d'expectative, la suggestibilité (Spaeth) jouent un très grand rôle et les résultats sont influencés par la connaissance préalable du moment de l'excitation ou par le temps de préavis (Saffiotti). Cette influence de l'attention se fait le plus sentir dans les réactions de choix, où il est souvent difficile d'obtenir que le sujet se comporte d'une manière égale, pour chaque excitation différente. En effet, il ne doit pas s'attendre à une excitation plutôt qu'à une autre, ne pas chercher à deviner celle qui va être produite, etc... Par contre, il faut supprimer également toute forme d'automatisme de la part du sujet et produire les excitations à des intervalles longs, inégaux, pour briser le rythme. La coopération nécessaire et complète du sujet rend donc ce test inapplicable aux conditions industrielles (Spaeth). Patrizi, avec ses prosexigrammes, est arrivé à montrer que les divers facteurs perturbateurs agissant sur les temps de réaction — même les facteurs qui semblent purement physiologiques — et échappent à tout contrôle psychique, agissent par l'intermédiaire de l'influence sur l'attention.

C'est dans la mesure où la fatigue a une influence sur l'attention que l'on tire une conclusion à son sujet, d'après les valeurs des temps de réaction avant et après travail. Aussi, les tests de réaction simple paraissent plus indiqués que les tests de réaction de choix pour la mesure de celle-ci. Les tests de réaction sont surtout des tests mentaux, ce qui nous conduit à la dernière catégorie de tests.

IV. — TESTS INTELLECTUELS OU MENTAUX

Ce sont les tests plus spécialement psychologiques. Ils s'adressent à toutes les fonctions psychiques, portant sur l'attention, la mémoire, l'acquisition, l'association et l'imagination, ou sur les fonctions supérieures (logique, rai-

sonnement, analyse, comparaison). Ils peuvent porter, soit — ce qui est assez difficile à cause des relations des processus psychiques — sur une seule des fonctions examinées, soit sur une série de combinaisons de plusieurs d'entre elles, ce qui est souvent inévitable.

Ils consistent essentiellement à donner au sujet un travail mental de courte durée, non fatigant par lui-même, et à apprécier la fatigue par l'augmentation de la durée d'exécution ou du nombre des erreurs.

L'extrême simplicité de la technique de ces tests explique les nombreux procédés imaginés, dont la multiplicité nous oblige à une simplification et à un choix dans notre exposition.

Tests d'attention

Ils portent sur l'attention psychique spontanée ou volontaire, à l'exclusion de l'attention sensorielle. Nous ne nous attarderons pas aux épreuves d'attention spontanée (appréhension visuelle, relations topographiques de Mac Dougall), qui ont été peu ou pas utilisées comme test de fatigue. Les tests d'attention volontaire sont différents selon qu'ils s'adressent à la constance de l'attention (test de dictée, de calculs, de barrage, d'énonciation) ou à sa capacité de distribution (tests des activités disparates simultanées).

La mesure de la constance de l'attention par la *méthode de Kraepelin* consiste à donner au sujet un travail mental continu (écriture sous dictée, soulignage de lettres, copiage de textes, lecture rapide), et à mesurer les quantités effectuées par le nombre d'opérations exécutées dans les unités de temps, et la qualité du travail par le nombre des erreurs commises. La diminution des unités ou l'augmentation d'erreurs traduisent la fatigue.

L'attention diminue dans la fatigue intellectuelle (Sikorsky, Höffner, Friedrich, Oehrn, Henri, Miesemer, Pilsbury, Laser, Holmes, Amberg, Richter, Rivers et Kraepelin, Lobsien, Ritter, Schuyten, Smith, Speck, Araï, Ellis et Shipe, Winch, Yoakum, Philipps).

Dans la fatigue physique, elle est diminuée (Miesemer) ou intacte (Lahy), ce qui s'explique dans ce dernier cas par la mise en train des fonctions supérieures de l'organisme effectuée dans la journée (Lahy).

Ces tests sont commodes, car ils ne nécessitent pas d'instrumentation, mais ils dépendent notamment du degré d'instruction du sujet, qui conditionne l'utilisation plus ou moins grande du facteur attention. Il en résulte que les mêmes épreuves ne sont pas valables pour les différents groupes d'individus.

De plus, leur exécution même est soumise à des variations : l'exercice ou l'entraînement, la fatigue, le coup de feu final (Kraepelin, Oehrn, Amberg, Rivers) sont les trois facteurs qui conditionnent la courbe de rendement (de Sanctis). Pour éviter l'accoutumance, la nécessité de donner des épreuves différentes avant et après travail pour mesurer la fatigue, introduit des facteurs de variabilité qui échappent à toute appréciation, mais qui influent sur les résultats constatés et font que les deux séries d'épreuves ne sont pas en fait réellement comparables.

Le test de *barrage*, aux modalités extrêmement nombreuses, consiste dans son principe à barrer plusieurs symboles désignés (lettres, mots ou chiffres), inscrits dans un texte préparé, avec un certain nombre d'autres différents. Ce test, qui mesure la précision de perception monotone, consiste à assigner une tâche dont l'exécution est effectuée dans des conditions telles qu'une attention maxima est nécessaire pour obtenir le meilleur travail, et que toute réduction de l'attention se traduit immédiatement par une réduction de vitesse ou d'exactitude du travail effectué, ce qui a été constaté dans la fatigue intellectuelle par Vaschide, Toulouse, Piéron, Thorndike, Binet et Ritter, Philipps, Bourden, Muscio, Wolff, Baumberger. La valeur du test est d'autant plus grande que les résultats fournis le sont en dehors de toute indication subjective de fatigue.

Dans la fatigue physique, Lahy n'a pas trouvé de variations marquées.

Si le test est commode parce qu'il ne nécessite pas d'appareillage, la relation entre la fatigue et les résultats obtenus n'est pas aussi simple qu'elle le paraît. Dans l'acte même de barrer entrent un facteur mental (discrimination de repérage du symbole) et un facteur physiologique (action motrice de barrage). L'influence de la fatigue sur ces deux actions peut être différente et agir soit dans le sens d'une neutralisation ou d'une sommation.

Les résultats du test varient avec des phénomènes biologiques autres que la fatigue, oscillations de l'attention périodiques (Meumann), quotidiennes (Patrizi), troubles de vision, rapidité des mouvements musculaires, âge, sexe, etc...; certains états pathologiques entraînant une diminution d'attention (diabète : Miles et Root). Nous retrouvons ici les phénomènes psychologiques bien connus: pratique, mise en train, attitude du sujet, bonne volonté, paresse, distraction.

A côté de ces conditions inhérentes aux sujets examinés, les conditions d'exécution du test jouent un rôle : nature et disposition des symboles, forme des matériaux utilisés, influence du nombre de signes à barrer, durée du test. Il est à remarquer notamment que le barrage effectué sur des lettres d'un texte de prose ordinaire (test de correction d'épreuves) montre plus d'erreurs que lorsqu'il est effectué sur d'autres symboles, ce qui est dû à la distraction constante apportée par le sens.

L'appréciation des résultats (quantité et qualité) peut être délicate à effectuer.

Enfin, si pour certains le test de barrage mesure l'attention (Oehrn, Vogt, Meumann, Ritter), pour d'autres il mesure le pouvoir de discrimination (Burdon, Judd, Wallin, Franz, Catell); il est pour Ferrand et Chambers un test de vitesse de perception; pour Simpson, un test d'efficience de la perception. Pour d'autres, il est un test de capacité motrice (Thorndike, Hollingworth), un test de capacité d'associations (Ritter, Woodworth et Wells); un test de mouvements (Franz); pour certains enfin un test de la mesure de la bonne volonté du sujet (Rober-

tag); un test de fatigue (Ritter); un test d'intelligence (Binet, Winteler, Thorndike).

Les tests d'*énonciation*, inspirés de Woodworth et Wells, consistent à nommer le plus rapidement possible une série d'objets de couleur ou de forme différentes, ou de signes (traits, points, croix, irrégulièrement distribués en lignes régulières).

Le temps d'énonciation et les erreurs augmentent dans la fatigue intellectuelle (Piéron, de Sanctis) et dans la fatigue physique (Bettmann, Linck, Piéron), quoique dans ce dernier cas l'allongement est moins fréquent et qu'il puisse y avoir progrès par entraînement dans le cas de fatigue physique légère (Piéron).

Ce test, qui représente l'équivalent simple et pratique d'une série de temps de réaction avec choix du mouvement et discrimination de l'excitant (Piéron), est commode à appliquer, car il ne nécessite aucune instrumentation et peu de temps (tout au plus deux minutes d'exécution).

Mais il exige comme tous les tests où l'on fournit un effort volontaire, que le sujet donne constamment son effort maximum (rôle de la volonté), dans des conditions identiques et que les phénomènes d'apprentissage, inévitables au début, soient mis hors de cause par des séries d'épreuves préalables à blanc (Piéron). Les fraudes possibles seront facilement reconnues en suivant ligne par ligne les temps d'énonciation. Les irrégularités ne cadrent plus avec les oscillations normales de la vitesse d'énonciations à allure générale spéciale (accélération initiale suivie de ralentissement, accélération terminale), et surtout les oscillations si fréquentes dans le ralentissement volontaire sont d'amplitude bien plus marquée. D'autre part, les causes mentales qui peuvent avoir une influence sur le test, peuvent ne pas rester constantes, car il n'est pas facile de standardiser leurs conditions d'influence comme on standardise les conditions d'exécution du test, et les conditions de milieu dans lesquelles se fait l'expérience (Piéron).

Le pouvoir de distribution de l'attention se mesure soit par le *test de Mac Dougall*, soit par le test des activités disparates simultanées. Le test de Mac Dougall consiste essentiellement à pointer avec une plume ou un stylet une série de cercles ou de points de couleurs différentes, irrégulièrement distribués sur un cylindre en mouvement. La vitesse de rotation étant accrue ou décrue, le nombre et l'étendue des erreurs servent de mesure. Ce test peut être utilisé seul ou avec l'accomplissement d'un autre acte. C'est ainsi que si la main droite sert à effectuer le pointage de certains cercles, la main gauche peut dans certains cas déprimer une touche à l'apparition de certains signes, ce qui donne la mesure du pouvoir de self-inhibition. On peut également associer l'exécution du test de Mac Dougall avec des opérations d'arithmétique mentale, de l'esthésiométrie, etc...

Dans la fatigue, de nombreuses erreurs apparaissent (Mac Dougall, Martin, Smith, Philipps).

La valeur du test provient de ce qu'il se rapproche des conditions du travail industriel, éveille l'intérêt, mesure la capacité motrice et les deux principaux effets de fatigue : inattention et incoordination motrice qui, comme on le sait, ont une grosse importance dans la production des accidents et du travail de rebut. Il n'est pas toujours facile de mesurer la part qui revient aux deux, d'autant plus que la perte de capacité de coordination peut être en réalité due à un manque d'intérêt ou d'attention de la part du sujet en expérience.

C'est d'ailleurs là, au point de vue détermination de la fatigue par l'attention, une cause d'ambiguïté qui limite la valeur théorique du test, d'autant plus que souvent il tend à l'automatisme.

Le test des *activités disparates simultanées*, qui permet de mesurer la distribution d'attention hétéro-sensorielle (Meumann), consiste à effectuer plusieurs activités en même temps (lecture et écriture simultanées, additions simultanées, etc...).

Mais la critique principale à apporter à ce test, aussi bien qu'à celui de Mac Dougall associé à d'autres activités,

provient de ce qu'il est difficile de savoir le moment et la mesure de la répartition de l'attention sur les différentes activités. Il semble que pratiquement une telle distribution ne s'effectue pas, si les deux activités sont difficiles. L'attention alterne entre elles, et l'activité, délaissée momentanément, est suspendue temporairement, si ce n'est d'une façon totale. D'autre part, si l'une des deux activités est relativement facile, elle se réduit, après un coexercice, à l'automatisme, ce qui permet de consacrer totalement l'attention à l'autre activité. Il est tout à fait difficile, sinon impossible, d'établir les dispositions expérimentales pour avoir une division continue de l'attention. Aussi ce test a-t-il été moins utilisé dans la mesure de la fatigue que dans la mesure même de la distribution de l'attention, ou de l'exécution d'activités motrices simultanées (Binet).

La grosse critique à apporter à ces tests est que, s'ils sont censés mesurer la puissance d'observation, la rapidité et la capacité de perception, la portée de l'attention, d'autres facteurs intellectuels, notamment la mémoire et l'association, interviennent dans l'élaboration des résultats tels qu'ils sont prévus par la technique des tests, ce qui invalide leur usage comme test de fatigue dans la mesure où celle-ci est évaluée par les variations de l'attention.

La mesure directe du degré de l'attention est difficile à obtenir, et ne peut être réalisée qu'indirectement par une série d'épreuves exigeant un travail maxima. Même alors, on ne mesure pas le processus ou la condition de l'attention elle-même, mais un produit ou un facteur concomitant de cet état. De plus, avec la répétition, la tendance à l'automatisme apparaît, et l'effort d'attention diminue proportionnellement.

Enfin, si pour la fatigue intellectuelle la relation entre la diminution de l'attention et la fatigue semble étroite (et cela se comprend par l'importance que joue le facteur attention dans toute la vie mentale), cette relation semble beaucoup plus lointaine avec le travail physique et les résultats trop inconstants semblent devoir être invalidés.

Tests de mémoire

Les tests de mémoire appliqués à la recherche de la fatigue laissent de côté la mémoire de perception complexe (kinésique, auditive ou visuelle), pour faire appel à la mémoire verbale et intellectuelle (mémoire des chiffres et des lettres, des syllabes et des mots, de la teneur des phrases, mémoire intellectuelle des idées). Après présentation visuelle ou auditive, ce dernier procédé étant applicable chez les illettrés, le sujet doit reproduire les textes présentés, le nombre d'erreurs (mots, chiffres, phrases ou ajoutés, omis, modifiés, partiellement intervertis), sert de mesure de la diminution d'efficacité. On peut encore mesurer le temps nécessaire pour la répétition correcte de syllabes, chiffres, etc... (tests d'acquisition proprement dits). Patrizi est arrivé à inscrire suivant une technique analogue à celle des proséxigrammes les variations de la mémoire et de l'association (mnémogrammes) en inscrivant les temps de réaction à des mots associés, les lèvres du sujet donnant le signal moteur (cheilogénographe).

Quelles que soient les méthodes employées, on a noté un ralentissement de la mémoire par fatigue physique (Mosso, Bain, Saussure, Meumann, Zuntz, Miesemer, Bettmann). Lahy, par contre, n'a pas constaté de modifications. Dans la fatigue intellectuelle, cette diminution existe également (Binet et Henri, Lagrange, Speck, Winch et Ritter, Bettmann, Miesemer, Squire, Araï, Gunther, Philipps). Thorndike, par contre, ne l'a pas constatée.

La critique à apporter à ce test, indépendamment des facteurs de perturbation relevant du sujet, que nous avons suffisamment indiqués dans les pages précédentes, est qu'il ne semble pas adéquat au but proposé. Si l'on conclut à un état de fatigue des variations de la mémoire, il faut reconnaître que celle-ci est un processus complexe, où interviennent souvent les phénomènes d'association. C'est ainsi que Lahy explique les différences constatées chez les ouvriers linotypistes entre la mémoire des chiffres et des phrases. Il entre dans cette dernière un

élément de synthèse mentale, de raisonnement, qui ne se rencontre pas, ou du moins très peu, dans la mémoire des chiffres, ce qui prouverait, par comparaison des deux, que ce qui est touché, c'est plus la synthèse mentale que la mémoire proprement dite. Il est, donc, fort difficile de différencier, dans ces tests, ce qui appartient à la mémoire, à l'association et à l'instruction.

Enfin, la fatigue peut être intense et aller jusqu'à la syncope avec troubles musculaires accusés, sans que les fonctions supérieures, mémoire, abstraction, soient touchées (Lahy).

Tests d'association

Les tests d'association de fatigue se cantonnent dans le domaine de l'association contrôlée, utilisant surtout les tests de calcul, dont le principe consiste à faire effectuer, dans un temps donné, des opérations et à mesurer la quantité effectuée et le nombre d'erreurs. La modalité pratique des tests (opérations choisies, arrangement), est variable suivant les différents auteurs et les formules peuvent être multipliées à l'infini (Henri, Woodworth et Wells, Holmes, Burgerstein, Laser, Winch, Reis, Hollingworth, Wyatt). Le test des *mots associés*, quelquefois employé, exige que le sujet apprécie les associations entre les mots qui lui sont énoncés en série et qu'il reproduise la série en ordre correct.

Quelles que soient les méthodes employées, on note dans la fatigue une diminution des associations qui deviennent pauvres (Aschaffenburg); mécaniques (Speck, Hollingworth). Le test des *calculs* montre une augmentation des fautes (Burgerstein, Laser, Holmes, Richter, Araï), avec ralentissement dans le temps d'exécution.

D'autres auteurs auraient noté pourtant des résultats inverses : Ebbinghaus, qui a constaté une diminution des fautes, montrant le rôle de l'entraînement; Wolff, qui n'a obtenu, chez les étudiants, avec la méthode des additions et des soustractions, que des résultats paradoxaux, le nombre de chiffres additionnés de dix minutes en dix

minutes croissant continuellement, en même temps que le nombre des fautes.

La critique de ces tests est aisée : ils ne semblent pas adaptés à ce qu'ils sont censés mesurer. Le test du calcul dépend de l'instruction et de la capacité calculatrice du sujet, celui des mots associés, s'il mesure pour une part la faculté d'apprécier les rapports des relations et le contrôle des associations, dépend également de l'attention, de l'intelligence et de l'instruction du sujet (mots trop difficiles ou trop simples).

De nombreuses causes perturbatrices s'ajoutent parfois; ainsi, dans le test des calculs où l'on écrit, les activités secondaires, telles que l'emploi du papier et du crayon, impliquent en plus de l'activité d'association, la perception visuelle et l'activité motrice, alors que le calcul mental exige un effort supplémentaire, par la nécessité qu'il y a de garder dans l'esprit, les données du problème ainsi que l'état où il en est à chaque moment de sa solution.

Les effets de la fatigue peuvent être compensés et masqués chez certains sujets par une aptitude permanente et forte au travail exact (Miss Martyn).

Comme dans tous les tests mentaux d'ailleurs, le rôle de l'entraînement, les facteurs psychologiques, tels que l'excitation, l'ennui, la négligence, l'adaptation, la mise en train et le coup de feu, compliquent les effets directs de la fatigue sur le test. Thorndike pense qu'en définitive les erreurs et la fatigue mentale ne sont pas en proportion régulière; que la fatigue ne se traduit pas toujours en incapacité mentale, et que le dégoût du travail pris souvent pour une manifestation de la fatigue n'a rien à voir avec l'impuissance au travail.

Ce n'est que pour mémoire enfin que nous signalerons le test d'*imagination*. Il consiste à remplir les lacunes d'un texte incomplet et se base sur ce qui caractérise l'acte d'intelligence, c'est-à-dire la faculté de combinaison permettant de trouver un lien entre un certain nombre d'éléments hétérogènes indépendants et parfois contradictoires. Selon sa difficulté d'ailleurs, le test devient un vrai tra-

vail d'imagination ou, tout au bas de l'échelle, un test d'associations contrôlées. Dans ses recherches originales, avec sa méthode de combinaison, Ebbinghaus (1905) a pu déceler la fatigue chez les écoliers de petites classes, mais dans les grandes classes, l'effet de la fatigue était masqué par la pratique.

Ce test ne semble pas avoir été utilisé pour la détermination de la fatigue physique. Lahy, pourtant, a essayé d'étudier, mais sans résultats, les changements survenus dans la fonction d'*abstraction* par suite de la fatigue, selon la technique de Toulouse et Piéron.

C'est parmi les tests de *jugement*, rarement utilisés, qu'il faut placer le test de l'*évaluation des temps*, qui se fonde sur la mémoire des durées évaluées et la comparaison d'une durée nouvelle. Des dispositifs divers permettent de faire cette mesure en se fondant sur l'utilisation d'excitations liminaires visuelles ou auditives, et l'inscription permettant d'avoir une valeur objective des durées utilisées. Lobsien a montré qu'au cours de la fatigue, cette perception des temps diminuait.

Dans le même genre, les tests *d'appréciation des longueurs* montrent que l'exactitude diminue dans la fatigue (Aubel).

Les tests d'imagination dépendent avant tout du degré d'instruction du sujet. Si le test est trop facile, l'effet de fatigue disparaît et inversement. De plus, comme on ne peut donner les mêmes tests dans des séries différentes, les difficultés ne sont jamais identiques. De plus, ces tests ne semblent devoir être influencés que par des degrés de surmenage, qui commencent déjà à entraîner une chute de la personnalité.

Les tests de jugement, faisant appel à la perception et aux impressions, à l'interprétation et à la faculté d'observation, sont des tests de détermination psychologique.

Les tests mentaux que nous venons d'examiner, s'ils sont généralement commodes dans leur exécution pratique, n'exigeant pas de matériel ni d'installation spéciale, ne paraissent toutefois pas valables pour la mesure de la

fatigue générale et ne s'appliquent qu'avec de grandes réserves, à la mesure de la fatigue intellectuelle. Ces tests ont d'ailleurs été fort peu utilisés comme tests de fatigue (ce qui explique le peu de résultats que nous ayions signalés), et ont servi surtout à des recherches discriminatives sur les processus psychiques eux-mêmes. Il est impossible de transposer dans le domaine courant ou industriel ce que l'on sait de la fatigue des écoliers (Dürig).

Les tests sont d'ailleurs d'inégale valeur. L'attention et la mémoire, qui sont des processus en partie automatiques, semblent toutefois devoir donner les indications les plus fidèles, mais dès qu'on s'adresse aux fonctions plus créatrices (imagination, abstraction), l'instruction et la volonté personnelle jouent un rôle trop grand, pour que l'on puisse avoir des indications efficaces. Il ne faut pas oublier en effet que si les différences sensorielles sont peu importantes entre les différents individus, parce qu'elles se rattachent aux fonctions de relation fondamentales, que si les différences dynamiques commencent à être plus grandes, elles sont pratiquement innombrables pour les qualités psychologiques. En effet, à côté des qualités instinctives, il en est d'autres qui sont acquises par l'instruction et l'éducation, qui peuvent d'ailleurs réagir sur les premières catégories.

L'attention et l'effort volontaire jouent un rôle essentiel dans les tests mentaux. Il est vrai, toutefois, que la fatigue intellectuelle se traduit essentiellement par une diminution de la capacité d'effort, ce qui a été établi par d'autres comparaisons. Enfin, il semble également que les diverses catégories de tests ne puissent mesurer à l'état isolé une fonction psychologique, dont les variations servent d'indice de fatigue. En effet, les processus mentaux sont intimement mêlés les uns aux autres, et dans la plupart des cas, il est impossible de déterminer exactement ceux qui entrent en jeu. La meilleure preuve en est que les tests identiques de technique ont été considérés comme donnant des mesures de différentes qualités mentales. D'autre part, si, dans des actes qui, psychologique-

ment, paraissent simples, l'analyse montre l'action simultanée de diverses fonctions, il y a également une influence réciproque de celles-ci. Par conséquent, certains estiment que la fatigue mentale est transférable d'une fonction à une autre (Bettmann, Weygandt, Winch, Araï, Miesemer, Ellis et Shipe, Martin, Philipps), alors que d'autres auteurs le nient (Thorndike, Seashore).

Au point de vue pratique, la valeur des tests sera différente selon que l'on adopte la thèse de Thorndike, ou celle de Spearman. La première veut que l'intelligence soit composée de facultés juxtaposées mais indépendantes. La conséquence de cette conception est qu'un test qui mesure une aptitude n'a pas de corrélation avec les tests qui mesurent des aptitudes différentes, sauf peut-être dans certains cas de voisinage très étroit. La seconde veut que nous possédions, outre les fonctions mentales particulières, une intelligence générale capable d'agir sur celles-ci, ce qui montrerait que des tests s'appliquant à des fonctions voisines ont des corrélations très étroites et permettent de connaître la valeur de larges territoires psychologiques homogènes. Il semble que la seconde catégorie réponde davantage à la réalité des faits.

Au point de vue pratique, les tests mentaux sont des tests de rendement et influencés en dehors de la fatigue par divers facteurs tels que la pratique, l'entraînement, le coup de feu, l'accoutumance, les phénomènes d'excitation. Inversement, ce que l'on met généralement sur le compte de la fatigue vraie est dû moins à la fatigue du travail qu'à des conditions annexes : mauvais éclairage, mauvaise ventilation, perte d'intérêt dans le travail, monotonie, paresse (Treves, Thorndike).

D'autres facteurs physio-psychologiques interviennent: alimentation, humeur, états psychodynamiques (Binet, Claparède, de Sanctis), suggestion (Rivers, Bettmann).

La détermination objective des résultats est en outre parfois difficile à apprécier. Les tests donnent en effet deux indices de rendement : l'un quantitatif, la vitesse; l'autre qualitatif, l'exactitude. On peut enregistrer l'une ou l'autre des deux catégories de résultats, ou ne conserver

qu'un indice unique, ou essayer, par une formule collective dans le genre de celles qui ont été proposées par de nombreux auteurs (Specht, Bischoff, Wipple), de les ramener à l'unité, en combinant les deux indices en un indice unique, exprimant la totalité de l'efficience du sujet. Les deux catégories de mesures d'efficacité ne varient d'ailleurs pas en corrélation constante l'une avec l'autre. C'est ainsi que chez un individu travaillant dans des conditions constantes, un accroissement de vitesse peut produire un accroissement d'erreurs ou inversement (Brown, Whipple).

Les tests, de plus, doivent être étalonnés et correspondre à une échelle de valeurs pour permettre les comparaisons (Piéron); cet étalonnage comporte l'étude des cas extrêmes et l'application générale de la méthode, et ne peut être établi que par des examens en série sur un grand nombre d'individus (Piéron), ce qui est d'autant plus difficile que la susceptibilité à la fatigue n'est pas la même selon les différents individus, que la fatigue soit physique (Mosso), ou psychique (Patrizi).

Enfin, quand toutes les exigences d'une détermination et d'une observation exactes ont été satisfaites, il ne semble pas que les tests mentaux permettent d'obtenir des signes infaillibles de fatigue, sauf dans le cas de surmenage, ce qui n'est pas le but proposé qui est la détermination de la fatigue précoce.

CRITIQUE GÉNÉRALE DES TESTS PSYCHO-PHYSIOLOGIQUES

Indépendamment des critiques de fait que nous avons signalées à propos de chacun des tests psycho-physiologiques, des critiques plus générales visent la variabilité des résultats, les facteurs perturbateurs dus au sujet examiné, à l'expérimentateur, aux méthodes et aux appareils employés, et la mesure dans laquelle les diverses épreuves proposées indiquent les diverses fatigues.

Nous avons vu que le principe de ces tests consiste en

définitive à évaluer soit les variations de l'état fonctionnel (modifications physiologiques) de l'organisme, soit les variations des modalités d'exécution de certaines activités (mesure de l'apparition de la fatigue locale dans l'exercice de diverses fonctions), en admettant que les modifications observées soient indicatrices de fatigue et dans certains cas proportionnelles à celle-ci.

Les tests d'état fonctionnel plus strictement physiologiques échappent à un certain nombre de facteurs perturbateurs (volonté, suggestion, facteurs émotionnels), ce qui à première vue donne l'impression de la possibilité d'obtenir un test rapide et commode de fatigue. Par contre, certains facteurs physiologiques (état fonctionnel de l'organisme); pathologiques (maladie); psychiques (influence des facteurs émotionnels sur les tests circulatoires ou respiratoires) peuvent être d'autant plus gênants qu'ils sont en totalité ou en partie en dehors du contrôle de l'expérimentateur. Certains phénomènes, d'autre part, ne peuvent être pris comme tests de fatigue (perte d'appétit, diminution de poids). Ce sont en effet moins des signes de fatigue que des conséquences et des effets.

Il semble toutefois que la recherche systématique de tests de fatigue doive se faire dans cette catégorie, et presque exclusivement dans les modifications du chimisme et du système neuro-végétatif (réaction vaguo-sympathique).

Les tests d'action ne sont pas commodes, ne donnent des résultats qu'après interprétation et correction des facteurs perturbateurs, dépendant du sujet, de l'observateur, des méthodes employées et qui jouent un double rôle, d'abord sur le rententissement de la fatigue sur les tests, ensuite sur les manifestations mêmes des tests particuliers choisis.

Nous avons déjà vu longuement toutes les variations dues au sujet, et qui relèvent soit de causes physiologiques (variations spontanées de la capacité d'énergie), de causes psychologiques (attitude mentale, suggestibilité, entraînement, etc.), mais l'objection fondamentale à faire aux tests d'action est le rôle de la volonté du sujet (Treves,

Muscio) : altérations volontaires dans un sens d'augmentation de capacité, mais le plus souvent de diminution, ce qui invalide leur valeur (Binet et Henri, Ellis et Shipe, Muscio), quoique quelques tests psychophysiologiques puissent être rendus indépendants de la volonté (Lapicque). De plus, certains tests d'action apportent des facteurs de perturbation psychique (mentalité spéciale du sujet, notion de changement d'état, etc.). C'est une erreur en effet de croire que l'individu est identique à lui-même, étudié dans les conditions spéciales de laboratoire ou au cours de son activité physiologique normale.

L'expérimentateur peut apporter des perturbations; c'est ainsi que dans certains tests psychologiques il peut suggestionner son sujet et alors que l'auto-suggestion et la simulation peuvent être dépistées, il ne semble pas possible d'éviter l'hétéro-suggestion exercée par l'expérimentateur. De plus, si l'observateur peut agir sur le sujet, il peut agir également sur les tests eux-mêmes par une exécution incorrecte. Les tests, pour être valables, doivent être employés par des psychologues ou des physiologistes, sous peine de prendre une valeur extrêmement limitée.

Les méthodes employées ne sont pas à l'abri de critiques. Il ne semble pas tout d'abord que les tests soient toujours appliqués avec une connaissance préalable exacte de ce que l'on veut rechercher. Si le décelage de la fatigue est le but commun de toutes les expériences, il faut savoir exactement dans chaque cas comment cette fatigue pourra se manifester, et réfléchir à la manière dont elle pourra être décelée. Il ne semble pas qu'à l'heure actuelle il soit possible de déterminer des tests aussi exacts et définis qu'il serait désirable, d'une part, par suite de la survenue continuelle de faits nouveaux entraînant des réadaptations et des modifications, et d'autre part par la connaissance même des phénomènes que l'on veut mesurer. C'est ainsi que l'étude de la fatigue chez les aviateurs est assez spéciale, il n'est guère possible d'opérer de la même manière que pour déceler la fatigue chez les ouvriers d'usines (Langlois). Il peut aussi dans certains cas ne pas y avoir de symptômes uniques, caractéristiques

de l'état de fatigue mis en lumière par les tests utilisés; on ne peut donc s'en tenir à l'examen d'un seul signe, et il faut comme dans tout diagnostic s'adresser à un ensemble de phénomènes.

Les causes d'erreur sont multiples et peuvent se résumer par la difficulté qu'il y a à dissocier le facteur fatigue et ses manifestations, d'un complexus, où ce facteur est masqué par un grand nombre d'autres. L'expression même des résultats et l'interprétation nécessitent des précautions spéciales. Toutes les causes d'erreur peuvent en définitive être groupées sous trois chapitres différents : détermination du seul facteur fatigue à mesurer, élimination au cours du test des facteurs perturbateurs, élaboration correcte et ajustée des résultats.

D'un autre côté, la nécessité de laboratoires et d'une instrumentation peut empêcher l'utilisation de certains tests (radiographie, électrocardiographie).

Enfin, le manque de mesures quantitatives ne permet pas de faire la différence entre la fatigue et le surmenage.

En admettant que des résultats adéquats sur la fatigue soient fournis par les tests psycho-physiologiques employés, ils semblent inaptes au but proposé. Autre chose est en fait le décelage de la détérioration physique prononcée et celui de la fatigue physique normale provenant d'un travail habituel. Or, la plupart des tests étudiés ne semblent donner de résultats appréciables et certains que dans des conditions de surmenage. C'est qu'ils ont une technique non adaptée qui avait été réglée primitivement pour d'autres buts et qui a été utilisée à la détermination de la fatigue sans l'ajustement nécessaire. Ils ont été surtout employés pour mesurer une fatigue d'effort le plus souvent artificiellement produite au laboratoire. Il est légitime de penser que des épreuves qui peuvent déceler une fatigue aiguë sont insuffisantes pour dépister la fatigue quotidienne ou cumulative ordinaire. D'ailleurs, à bien examiner les ouvrages sur la question, on s'aperçoit que la plupart des tests dits de fatigue, sont moins des procédés de mesure que des procédés d'expérimenta-

tion pour étudier certains phénomènes, et même dans certains cas tout simplement des moyens de production de fatigue rapide et massive. L'expérience personnelle nous indique que dans l'effort ou dans la fatigue l'organisme ne réagit pas de la même façon. Notre expérience nous apprend que dans l'effort nous éprouvons surtout une sensation cardio-respiratoire (tachycardie, dyspnée) et dans la fatigue une sensation d'épuisement (faiblesse musculaire, céphalée, vertiges).

La question se pose donc de savoir dans quelle mesure les résultats enregistrés et les modifications observées sont un indicatif de fatigue normale ou de fatigue d'effort, ou bien traduisent seulement une adaptation fonctionnelle de l'organisme au travail effectué. Si l'on se rappelle qu'un test de fatigue doit répondre à un double but, indiquer chez l'individu son état de fatigue et dans un groupe d'individus indiquer ceux qui sont fatigués, les normes nécessaires à la comparaison semblent faire défaut à l'heure actuelle.

En élargissant encore le problème, quelle que soit la valeur et les résultats obtenus avec le test donné, les tests psycho-physiologiques posent un certain nombre de problèmes.

Avant qu'un test ne puisse être pris comme test de fatigue, il faut prouver que ses variations (le plus souvent des dépréciations) consécutives à un travail mental ou physique sont liées indirectement à des dépréciations, à des diminutions de valeur du travail physique ou mental lui-même. Si dans certains cas de fatigue localisée à certains appareils les tests psycho-physiologiques sont valables, ils ne semblent pas l'être dans la généralité des cas. Pour que cette corrélation ait une valeur élevée et positive, la fatigue doit être générale et non spécifique; c'est toute la question de la spécificité et de la transférabilité de la fatigue qui se pose. Il est évident que tant qu'on n'aura pas montré d'une manière définitive que la fatigue se transmet d'une tâche à une autre, indépendamment de la nature des deux tâches, aussi bien qu'en dehors de toute influence, aucun test ne peut être considéré comme

représentant une mesure adéquate de la fatigue effectuée au cours de ces deux travaux. Malgré la diversité des résultats obtenus, il semble que dans certains cas les corrélations aient pu être établies : variations des seuils sensoriels et des temps de réaction dans le travail physique et mental.

D'autre part, il est loin d'être établi que la perte d'efficacité obtenue dans le travail mental ou musculaire soit travaux qui mesurent la fatigue produite dans l'accomcertains tests; tant que ce point ne sera pas établi, on ne peut pas considérer comme à l'abri de toute critique les travaux qui mesurent la fatigue produite dans l'accomplissement d'un travail par ses effets sur un autre travail; tout au plus pourra-t-on parler de coïncidences, mais pas de relations. A ce sujet, de nombreuses questions se posent; y a-t-il des fatigues locales, partielles ou générales ? quel est le rententissement les unes sur les autres des diverses fatigues d'une même catégorie ? Les diverses fatigues, musculaire, neuro-psychique (sensibilité, attention, volonté), sont-elles d'essence différente ? quel est le retentissement de la fatigue ou des fatigues sur les divers appareils, et dans quelle mesure ce ou ces retentissements concourent-ils à des diminutions de la valeur physiologique de l'organisme ?

Pour certains, il y a en définitive une seule fatigue, la fatigue nerveuse (Mosso, Bernard, Hodge, Mann, Lugaro, Guerrini). Le retentissement de la fatigue, admis par certains (Mosso, Maggiora), a été nié par d'autres (Bauer). Pour certains, la fatigue est centrale (Mosso, Fick, Waller), elle est périphérique pour d'autres (Müller, Tissié, Maggiora, Ioteyko).

Y a-t-il des fatigues plus précoces les unes que les autres ? La fatigue est-elle d'abord un phénomène local avec manifestations locales et générales, puis ensuite un phénomène général ? S'il y a inter-réaction des fatigues, comment se produit-elle dans les divers cas (fatigue physique et autre fatigue physique, fatigue physique et fatigue psychique, fatigue psychique et fatigue physique, fatigue psychique et autre fatigue psychique) ? La transférabilité

de la fatigue existe-t-elle ? Est-elle entière, partielle ? Dans quelle mesure ? Si elle est totale, peut-on l'assimiler à un voile qui recouvre toutes choses ou plus simplement a-t-elle des inter-réactions réflexes, anatomiques, chimiques, physiologiques ? Quels sont les mécanismes possibles ? Si l'on admet comme on tend à le faire à l'heure actuelle que la fatigue est un phénomène bio-chimique, on voit toute l'importance de production de substances qui réagiraient sur l'ensemble par diminution d'efficacité totale. Y a-t-il seulement diminution absolue de capacité locale avec réaction générale de l'organisme par sympathie, l'efficacité totale étant seulement diminuée par la diminution d'efficacité partielle ? Ou bien se trouve-t-on dans tous les cas en présence d'une diminution progressive et lente de l'efficacité de tout l'organisme ?

Ce sont là autant de questions auxquelles il faudrait pouvoir répondre avant d'affirmer la valeur fondamentale des tests utilisés.

D'autre part, avec les tests psycho-physiologiques, ce qu'on mesure en définitive, ce n'est pas la fatigue elle-même, mais les effets d'un état que l'on croit être la fatigue sur les organes et fonctions de l'individu. Pour les tests passifs, il s'agit de savoir dans quelle mesure les modifications observées traduisent l'état de fatigue. En ce qui concerne les tests d'action, on mesure en définitive la susceptibilité momentanée à la fatigue du sujet à une activité particulière. Dans quelle mesure cette fatigabilité locale est-elle conditionnée par la fatigue première de l'individu, c'est ce qu'il faut déterminer, car, à bien regarder, la mesure d'une fatigue donnée se fait par la mesure d'une autre fatigue dans une activité mentale ou physiologique. La corrélation à établir est à deux échelons; il reste à déterminer le rapport entre cet état et l'état vrai de fatigue, et d'autre part le rapport entre l'état vrai de fatigue et les fonctions extérieures; la fatigue peut être élective même si elle est générale et agir de manière spécifique sur certains organismes et fonctions; d'autre part, cette faculté d'action élective de la fatigue sur tel ou tel organe joue un rôle important si on l'examine sur des masses ou

des séries d'individus qui, isolés, réagissent diversement à des tests particuliers. De plus, il y aurait lieu de savoir si dans l'état de fatigue les réactions physiologiques elles-mêmes ne se modifient pas, de telle sorte que leurs variations étant par essence même différentes de celles de l'état de repos, on ne peut pas établir de corrélation entre les unes et les autres. Le problème est d'autant plus difficile à résoudre que selon les cas les corrélations à établir sont directes ou inverses (en mesurant l'état d'hypo-fonctionnement de l'organisme par l'état de fonctionnement). L'on peut penser que si dans le travail dont on veut mesurer la fatigue, la fatigue et l'entraînement peuvent agir d'une façon concurrente et opposée, l'activité seconde de la variation censée mesurer les degrés de fatigue consécutive à l'activité première peut elle-même être influencée diversement par l'entraînement et la fatigue.

Enfin, en admettant qu'on puisse inférer correctement des résultats d'un test psycho-physiologique à un état de fatigue, que mesure-t-on exactement ? Est-ce la capacité d'action ou la capacité d'accomplir un effort ? Les tests de fatigue psycho-physiologique dépendent plus en effet de la mesure d'une capacité que de l'achèvement d'une action; autre chose est le test de fatigue et la mesure d'un travail effectué ou d'une énergie dépensée pour lesquels on a des procédés expérimentaux de mesure exacts; il ne faut pas oublier que la capacité d'effort joue un rôle important. En fait, la fatigue semble être, si on l'examine dans ses manifestations extérieures, moins une diminution de la capacité de travail des systèmes physiologiques différents qu'une diminution d'efficacité de la volonté; à côté du travail physique ou mental, il faut tenir compte de l'effort nerveux qui mobilise les énergies de l'organisme pour faire face aux exigences quotidiennes, et cette action entraîne parfois l'inhibition de réponses inutiles ou de travaux en apparence négatifs, demandant néanmoins une dépense d'énergie qui diminue la tonicité générale de l'organisme. Il faudrait pouvoir déterminer exactement ce qui appartient à la fatigue physique pure et à la fatigue mentale ou mieux, sans spécifier,

ce qui appartient à la fatigue d'exécution et à la fatigue de déclanchement, car certains actes mentaux appartiennent aux deux. Dans tout acte, on peut considérer deux processus; l'un moteur qui déclanche l'acte; par exemple, je calcule, je plie le bras, l'autre psycho-animateur de volonté qui le précède et qui anime le centre moteur (je veux agir pour calculer, pour plier le bras). Quels sont les rapports entre ces deux capacités d'action ou d'effort? On sait que dans un état de fatigue l'organisme peut trouver en lui-même un élément d'une régénération momentanée (soldats épuisés retrouvant leurs forces au son de la musique militaire, athlètes ayant des sursauts d'énergie aux applaudissements d'une foule). Ce sont les libérations d'énergies déclanchées pour causes psychiques, émotionnelles (William James), se ramenant toutefois en fait à des causes physiologiques (libération d'adrénaline, Cannon). La capacité d'effort semble se fatiguer avant la capacité d'action. On sait que l'effort croît avec la fatigue (ponométrie de Mosso), et que le surmenage nerveux se produit avant le surmenage physique dans l'entraînement (Treves). Devant ce rôle prépondérant de l'élément nerveux, on arrive à se demander quel est en définitive le mécanisme intime de la fatigue; la capacité d'action désignant l'énergie physiologique mise à notre disposition peut être considérée en effet comme étant divisible en quantités immédiatement disponibles et en quantités de réserve. La capacité d'effort étant l'acte nécessaire pour mettre à la disposition des organes qui fonctionnent, toutes les énergies physiologiques dont nous disposons, paraît de nature essentiellement distributrice et volitionnelle. La capacité d'action pourrait être exercée jusqu'au bout, c'est-à-dire jusqu'à épuisement presque complet des énergies disponibles, mais cette capacité d'action ne peut être exercée qu'à travers la capacité d'effort, qui joue le rôle de zone protectrice, de frein, de signal d'alarme. Ceci pourrait être en effet une théorie de la fatigue.

Si l'on songe que la capacité d'effort est un phénomène essentiellement psychologique, qui semble échapper à toute mesure et qui se traduit par un déclanchement d'action

mentale et des résultats dont nous avons conscience, soit objectivement, soit subjectivement, on voit toute la complexité du problème, d'autant plus que se pose à l'esprit la question de support mental des centres de volition avec leurs dépenses énergétiques.

Pour en revenir à des résultats plus objectifs, il semble qu'à bien les examiner, les tests psycho-physiologiques ne puissent servir de mesure adéquate de décelage de la fatigue. Aussi a-t-on voulu mesurer la fatigue par le calcul mécanique du travail. Mais cette méthode ne vaudrait que pour le travail physique. Même dans ce cas elle est inapplicable, parce qu'on peut se fatiguer sans fournir de travail mécanique, et que la dépense d'énergie croît avec la répétition de l'effort (Glibert).

Malgré toutes ces critiques qui infirment la valeur de ces épreuves comme tests de fatigue, il ne faut pas négliger toutefois la valeur des tests psycho-physiologiques dans l'organisation scientifique du travail; c'est ainsi que le dynamomètre, le test de Martin, peuvent être utilisés dans la détermination de la force physique, que les réactions de Martinet ou de Schneider peuvent servir à la détermination de l'efficacité physiologique et que les tests psychologiques peuvent servir à déterminer les aptitudes intellectuelles ou mentales de l'individu.

II

LA FATIGUE INDUSTRIELLE

« L'homme, l'homme est le grand instrument producteur de richesses. Les différences que la nature a faites entre la Campanie et le Spitzberg sont insignifiantes comparées à celles qui existent entre un pays habité par des hommes pleinement vigoureux de corps et d'esprit et un pays dont les habitants sont plongés dans la déchéance physique et intellectuelle. Et si aujourd'hui, loin de nous être appauvris, nous sommes plus riches, c'est que, dans la suite des âges, nous nous sommes reposés de notre labeur un jour sur sept. Ce jour n'est pas un jour perdu. Alors que cesse toute activité industrielle et que la charrue est arrêtée dans le sillon ; alors que la Bourse demeure silencieuse et qu'aucune fumée ne s'élève de l'usine, une opération s'élabore, non moins importante pour la richesse des nations que n'importe quelle phase du processus industriel aux jours de plus grande activité. L'homme, la Machine des Machines — le mécanisme au regard duquel tous les appareils des Watt et des Arkwright sont sans valeur — répare ses forces et bande son énergie, en sorte qu'il retourne à sa tâche, le lundi, avec un esprit plus lucide, un entrain plus vif, et une vigueur physique renouvelée. Jamais je ne pourrai croire que ce qui rend une population plus robuste et plus saine, plus sage et meilleure, puisse, en définitive, l'appauvrir. »

MACAULAY (Discours prononcé à la Chambre des Communes le 22 mai 1848 à l'occasion du dépôt du projet de loi des dix heures).

La fatigue ne pose pas seulement des problèmes individuels, mais aussi des problèmes collectifs, ceux de la fatigue industrielle.

La fatigue industrielle, dont la définition est difficile à donner (St. Kent), est à la fois un phénomène biologique, économique et social, qui doit être considéré différemment par l'industriel, le travailleur, l'hygiéniste, le médecin, le physiologiste, l'économiste, le théologien (Dürig).

Socialement et économiquement, le problème de la fatigue industrielle pose celui de la main-d'œuvre ouvrière, de la vie sociale et des relations économico-politiques que nous n'avons pas à examiner ici.

La fatigue industrielle est à la fois une fatigue accumulée dans sa quantité, et une fatigue nerveuse dans sa nature et ses effets, directs et indirects. Ce sont là des notions dont la valeur n'a été bien appréciée que récemment. Le travailleur fatigué en effet n'est pas celui qui est las à la fin de la journée, mais celui qui, après un repos insuffisant arrive à son travail avec déjà une diminution marquée de sa capacité de travail. La fatigue industrielle est autant ou plus sensorielle et intellectuelle que musculaire et physique, par suite des conditions modernes de production (répétition des mêmes mouvements précis, efforts des organes des sens et de la volonté, avec surmenage des processus impliqués). Si l'industrialisme moderne a remplacé le travail musculaire par le travail de la machine, il a remplacé également l'effort musculaire par la vitesse de mouvements et par l'effort mental dû à l'attention constante que l'on trouve à la base d'opérations mêmes qui paraissent simplement physiques. De plus, certaines conditions psychologiques d'exécution du travail augmentent l'effort nerveux.

Les causes de fatigue industrielle sont nombreuses. Les principales dépendent de la durée et de l'intensité de l'activité et de la nature du travail effectué; les autres, secondaires, qui favorisent ou retardent l'action des causes principales, concernent les conditions de milieu, l'organisation scientifique du travail, ainsi que les facteurs individuels, physiologiques, psychologiques, économiques et sociaux.

Avant tout se pose le problème de la durée absolue

des heures de travail (totalité et répartition) et du rapport entre les périodes de travail et les périodes de repos. Il faut toutefois distinguer dans une journée de travail la durée réglementaire fixée par les employeurs, la durée réelle calculée d'après les heures de présence, et la durée effective qui est le temps pendant lequel du travail a été fourni, à l'exclusion des périodes de mise en train et des interruptions momentanées dans la besogne (St. Kent).

Durée de travail quotidienne, hebdomadaire, heures supplémentaires, travail du dimanche, travail de nuit, sont autant de questions soulevées et dont les solutions doivent être trouvées tant au point de vue physiologique (nécessité de réparation adéquate de la fatigue et élimination de l'effort excessif), qu'économique (maintien de la qualité et de la quantité du rendement, réduction du temps perdu, etc.).

Les périodes de repos sont absolument nécessaires et doivent être déterminées pour chaque catégorie de travail (Taylor, Shepard), ainsi que leurs rapports avec le temps du travail. Les interruptions, si ce n'est la durée absolue du repos, doivent être plus grandes dans les occupations où l'activité nerveuse est permanente et plus compliquée que dans les occupations entraînant seulement un travail musculaire auquel les individus sont habitués. La systématisation, d'ailleurs, des périodes de repos ne constitue qu'une standardisation méthodique des interruptions instinctives.

Les influences extérieures inhérentes au milieu du travail dominent de très haut l'activité mentale et matérielle. Certains facteurs sont physiques : air (qualité, poussières, vapeurs, gaz toxiques, pression), température et degré hygrométrique souvent associés dans certaines conditions et réglés par la ventilation. Les variations de température semblent avoir des influences profondes. C'est ainsi que Vernon a noté des variations saisonnières avec augmentation du rendement en hiver et diminution en été. Les variations de température et d'hygrométrie sont dans certains cas liées aux conditions techniques du travail (fila-

tures), ce qui empêche d'introduire les modifications nécessaires au point de vue physiologique.

L'éclairement par sa quantité, sa concentration, son éclat, sa réflexion, sa nature, a une influence triple : fatigue locale de l'œil augmentée par l'éclairement inadéquat (surtout avec l'éclairage artificiel), fatigue générale par exercice de l'attention, effet psychologique de dépression du tonus général. C'est au facteur psychologique qu'il faut rattacher l'influence des diverses couleurs sur l'affectivité qui, pour être cachée, n'en est pas moins existante.

Les effets du bruit sont d'autant plus dangereux que la tolérance auriculaire fait qu'on devient pratiquement inconscient de leur effet nocif sur le système nerveux. Agissant par leur quantité et leur régularité, ils augmentent la fatigue (Mosso et Wundt), par distraction continuelle de l'attention. D'ailleurs, le problème se pose de savoir si les travailleurs industriels, quoique paraissant ignorants du bruit, ne doivent pas utiliser leur énergie pour maintenir cet état d'ignorance. Les bruits discontinus sont en ce sens plus pernicieux que les bruits uniformes. En dehors des bruits extérieurs au travail (bruits des villes, des rues et des maisons), les bruits proviennent avant tout du fonctionnement des machines, moteurs primaires, transmissions, machines et outils, manipulation et transport de matériaux. La nature de la gêne apportée dépend en grande partie de l'activité accomplie. Le travail automatique (musculaire, mental), est relativement peu influencé, alors que les opérations exigeant un haut degré de concentration le sont davantage, tout particulièrement dans les cas où la conduite de la machine se fait au son, et où l'ouvrier est obligé de faire attention à un bruit particulier, qu'il doit écouter à l'exclusion des autres. Si dans les conditions normales de santé, le bruit peut ne pas affecter les individus, son influence devient prépondérante sur des sujets fatigués (expérience personnelle des bruits familiers quand on est malade).

Les vibrations et les secousses ont une action néfaste qui a conduit la technique moderne à la construction de

planchers spéciaux supprimant ou atténuant l'action des vibrations, ce qui ne peut être évité toutefois dans certaines professions (mécaniciens de locomotives par ex.).

Les odeurs jouent un rôle important, tant par leur effet psychique (odeurs désagréables), que par le surmenage sensoriel qu'elles peuvent entraîner dans certaines professions (parfumeries par ex.).

La nature du travail commande l'intensité de l'activité, détermine la mise en jeu des différentes activités mentales et physiques, selon l'effort exigé par les diverses catégories de travaux. L'analyse des opérations actuelles de l'industrie prises dans leur ensemble est assez difficile parce qu'il n'y a pas de termes communs de mesure, et qu'elles ne peuvent pas être classées quantitativement en termes d'intensité à cause de leurs qualités différentes. De nombreuses classifications diverses ont été faites (Vernon, Agnew). La meilleure semble être celle de S. Florence qui, selon la nature des mouvements élémentaires, les rapports de ces mouvements dans l'opération totale et la fréquence et la régularité des opérations séparées, distingue sept types de travail : musculaire; habile; nerveux; complexe; intermittent ; fréquent et irrégulier.

A la question de l'effort se rattachent celles de la fatigue statique et de la position au cours du travail (sièges, établis, disposition des emplacements, tables, établis, emplacements des matières premières et des outils), l'adaptation de certaines parties de la machine aux individus (rapports des dimensions de la machine aux dimensions du corps (Treves). Trop souvent, la machinerie industrielle moderne, tout en étant admirablement adaptée à l'exécution de ses fonctions mécaniques, l'est incomplètement aux besoins de l'organisme humain. Les réalisations adéquates dans ce domaine ne seront atteintes que par une coopération efficace de l'ingénieur mécanicien et du physiologiste (Weston).

Les questions de vitesse et de charge sont étroitement liées à celles du rythme et de la monotonie. La valeur de l'attention et de l'effort nécessaires et l'intensité de

fatigue consécutive seront complètement modifiées selon que le travail exécuté obéira à des rythmes naturels ou que des rythmes non naturels seront imposés par la vitesse de la machine ou par la vitesse des compagnons de travail (following up work). Chaque individu semble posséder un rythme et une vitesse de travail propres et lorsque la vitesse de travail n'est pas adaptée à ce rythme, la fatigue se produit plus rapidement. Le rythme a, de plus, une action tonique d'économie d'effort. L'influence du rythme dans la fatigue a d'ailleurs été étudiée par de nombreux auteurs au laboratoire (Rosenthal, Volkmann, Ch. Richet et Broca, Maggiora, Kronecker, Lagrange, Binet et Vaschide, Chauveau et Laulanié), qui ont montré que celui-ci agit en définitive par la répartition des moments de charge et des moments de repos. Toutefois, le rythme peut jouer un rôle nocif dans des actions presque automatiques : l'activité se prolonge sans grande fatigue nerveuse et approche par conséquent de l'épuisement, les effets de la fatigue étant masqués.

A cette question du rythme se rattache celle des temps et des mouvements : les plus courts (Taylor, Gilbreth), les plus faciles d'exécution (Farmer) pour augmenter le rendement et diminuer la fatigue. On peut se demander, d'ailleurs, si cette réduction aux mouvements strictement nécessaires ne serait pas nocive, certains mouvements réputés inutiles dans le travail, constituant peut-être une forme de repos des muscles et un moyen d'élimination des produits de combustion (Biondi), ce qui expliquerait la persistance dans certains métiers de mouvements irrationnels et complexes depuis des trentaines de siècles (acte du maçon qui se baisse pour prendre la chaux, la pierre et la brique, position des éplucheuses des champs de riz qui se fixent dans un certain mouvement de flexion du tronc avec rotation du bassin sur les fémurs maintenus immobiles, position qui à première vue paraît incommode).

Si le rythme et l'automatisme peuvent éviter en partie la fatigue, la monotonie l'entraîne par un double mécanisme physiologique (activité répétée des mêmes systèmes et des mêmes centres nerveux qui les commandent), et

psychologique (lassitude, ennui), qui diminue la capacité de travail. Inversement, l'intérêt peut l'augmenter. Dans ce domaine, la constitution mentale individuelle joue un grand rôle. La monotonie du travail, en effet, comprend deux facteurs, l'un objectif : la nature de l'opération; l'autre subjectif : la réaction individuelle vis-à-vis de cette opération.

Les facteurs individuels, en effet, ont toute leur importance dans la détermination de la fatigue. Ils sont physiologiques : sexe, résistance physique, constitution (pression sanguine, équilibre endocrinien, vision, audition, etc...); pathologiques : états de la santé, défauts physiques, infections. Ce sont enfin des facteurs psychologiques, se rapportant les uns au travail (expérience du travailleur, date d'entrée dans l'industrie et l'usine, intérêt, degré de responsabilité, occupations antérieures, joie du travail), les autres extérieurs (peur, émotion, anxiété, soucis, satisfaction, émulation), ayant des influences dépressives ou toniques.

Certains facteurs agissent par le sentiment de sécurité et de bien-être qu'ils apportent : absence de risques d'accidents, installation de dispositifs de sécurité et de premiers secours, installations hygiéniques (eau potable, salles de repos, réfectoires, bains-douches). C'est en somme toutes les installations du bien-être avec leurs effets immédiats de récupération sur la fatigue et leurs effets indirects par répercussions sociales et effets psychologiques.

Ceci pose tous les problèmes des excitants au travail. C'est comme tels que les salaires insuffisants sont cause de surmenage (Imbert, Dürig). De plus, quand le salaire est bas, les conditions de vie et par conséquent celles de récupération laissent à désirer. C'est là un cercle vicieux, dont on ne peut pas sortir.

Les conditions et habitudes de vie du travailleur jouent un rôle important : charges de famille, nourriture, stimulants, alcool, tabac, sommeil et loisirs, installation de la maison, relations sexuelles et familiales, méthodes et longueur du transport de la maison au travail, devoirs en-

dehors de l'usine, notamment soin du ménage pour les femmes; facteurs sociaux, tels que : syndicalisme, patriotisme, intérêt d'économie, épargne, instinct grégarien, intelligence générale (Florence); les sentiments religieux (Weber, Levenstein, Dürig), peuvent intervenir.

L'organisation scientifique du travail doit tenir compte de ces différents facteurs (Taylor, Parsons, Munsterberg), par la double adaptation du travailleur à sa tâche (sélection professionnelle, apprentissage, réalisation de mesures d'hygiène et de sécurité), du travail au travailleur (réglementation des conditions de milieu, d'organisation du travail). Les problèmes posés sont nombreux.

C'est d'abord celui de la quantité du travail. Rappelons que le travail aux pièces est physiologiquement dangereux, car il pousse les travailleurs lents à travailler à des vitesses qui leur sont nocives. Le coup de feu, la morte-saison, le routage du travail, l'intelligibilité du travail à effectuer, les méthodes de recrutement du personnel, augmentation et renvoi, permanence d'emploi, chômage, le maintien de la production sont autant de problèmes d'organisation qui, d'une façon lointaine ou immédiate, ont une influence sur la susceptibilité à la fatigue de l'individu. Excitants de vitesse ou de qualité jouent un rôle particulièrement important. Le salaire avec ses taux et modes de paiement différents vient en première ligne (paiement par primes, par salaires fixes, taux et bonifications, salaires au temps, salaires aux pièces); l'honneur professionnel, l'intérêt dans le travail lui-même, le groupage et la subdivision du travail avec l'organisation économique, etc..., sont autant de problèmes à envisager. D'autres facteurs psychologiques peuvent jouer : discipline, attitude mentale vis-à-vis de la direction, etc...

Cette revue rapide nous indique qu'il y a des causes de fatigue inévitables, mais que d'autres sont évitables. Sous fatigue évitable, il faut entendre les causes de fatigue inutile proprement dite, et d'autre part la non-récupération de la fatigue inévitable qui pourrait avoir lieu avec une autre organisation.

La grosse difficulté dans l'étude des conditions de la fatigue industrielle est due à l'action simultanée de nombreux facteurs variables et à la mesure dans laquelle les déductions définies peuvent être effectuées quant à la valeur de l'un ou de l'autre d'entre eux, ce qui dépend en partie de l'impossibilité qu'il y a à les maintenir constants en totalité ou en partie pendant un temps plus ou moins long. Les conditions commerciales proprement dites viennent, d'ailleurs, souvent les modifier. L'indétermination de la valeur réciproque de ces différents facteurs tient d'ailleurs à ce que le but recherché est d'une extrême complexité et qu'il ne peut pas être examiné successivement au point de vue de l'ingénieur mécanicien, de l'industriel, du statisticien, du médecin du travail ou du psychologue ou du physiologiste, de l'économiste ou du sociologue, etc. Aussitôt que l'on aura pu avoir et déterminer des moyens d'appréciation pour fixer et mesurer les effets particuliers sur les courbes du travail des influences perturbatrices que nous venons d'étudier, le problème sera simplifié. Il semble, d'ailleurs, que cela soit possible pour certains facteurs de milieux (température, humidité, poussières, bruits, précision du travail). Il y en a d'autres qui échappent pour le moment à toute mesure définie.

Symptomatologiquement, d'ailleurs, la fatigue collective du travail se traduit par des effets individuels et sociaux. Sur l'individu, en dehors des cas aigus et des cas de surmenage d'appareils spéciaux, notamment sensoriels, il y a peu de symptômes physiologiques précis. Ici, la sensation subjective de fatigue reprend toute sa valeur, non pas par elle-même, mais par l'influence qu'elle peut avoir sur la psychologie individuelle, et indirectement sur le rendement du travail (Vernon). Des tentatives ont été faites pour essayer de systématiser la symptomatologie de la fatigue quotidienne, hebdomadaire, mensuelle ou annuelle.

Pour Hayhurst, les différents degrés de fatigue collective des groupes de travailleurs peuvent se reconnaître individuellement aux signes suivants : fatigue de la jour-

née : masque de la fatigue, manque d'enthousiasme, malaise, vitalité diminuée, inexactitude d'exécution; fatigue de la semaine : nervosité, indisposition légère, absence, perte de temps au travail, attitude incorrecte tant mentale que physique. La fatigue d'un mois ou d'une année entraîne des malaises physiques (temporaires ou chroniques associés ou non à des difformités ou des tares, soit physiques soit mentales), perte complète du sens moral, imperfection manifeste dans l'exécution du travail tant au point de vue quantité qu'au point de vue qualité. Pour Gilbreth, le contentement, l'état de satisfaction, l'habileté professionnelle, la conduite et l'attitude mentale du travailleur, sont des tests moraux d'une grosse importance.

La fatigue se traduit également soit sur la production, soit sur la vie sociale même. Sur la production, elle agit directement par la diminution de rendement et indirectement par les accidents, la morbidité, la mortalité, le temps perdu, les malfaçons. Socialement, la morbidité, la mortalité sont des conséquences qui, au delà de leur importance individuelle, ont des répercussions générales. De plus, les travailleurs deviennent las, inquiets, indifférents, cherchent des excitations dérivées. Ils montrent notamment une instabilité qui leur fait chercher sans cesse de nouvelles situations (roulement de la main-d'œuvre). C'est là une attitude d'énervement que les Anglais désignent sous le nom d'inquiétude industrielle (industrial unrest). Les travailleurs qui votent pour les grèves sont les travailleurs les plus fatigués (Collis).

Ce sont les reflets sociaux de fatigue, celle-ci apparaît comme une forme de maladie sociale : l'irritabilité qu'elle occasionne entraîne un sentiment de méfiance et un état de non productivité néfaste à tous les intérêts en jeu (Ogden).

Il est donc nécessaire de pouvoir mesurer à tout moment la fatigue industrielle, ce qui pose des problèmes spéciaux. Il faut en effet pouvoir mesurer la fatigue chez l'individu et celle des groupes de travailleurs, soit par les tests psycho-physiologiques que nous avons déjà vus, soit pour des groupes, par la série de tests portant sur les reflets

dans la vie industrielle, des sommes des fatigues individuelles.

Sur l'individu, ce sont les accidents et la morbidité; sur le travail, le rendement, les malfaçons et la consommation de force motrice. Ce sont les *tests industriels* ou statistiques de fatigue qui mesurent surtout la fatigue des diverses industries et professions.

Seul le rendement (quantité et qualité) est un test d'action. Les tests passifs sont ceux des accidents industriels de la consommation de force motrice : de la morbidité, mortalité, mouvement de la main-d'œuvre, temps perdu. Le rendement s'appliquera indifféremment aux individus et aux groupes, tandis que les autres tests ne peuvent être que collectifs. L'utilisation des divers tests psychologiques ou industriels est d'ailleurs guidée en partie par les conceptions de fatigue que l'on peut avoir. Si l'on adopte la définition physiologique, les tests psycho-physiologiques paraissent les plus indiqués. Si l'on adopte la définition économique, il y aura lieu de s'adresser aux manifestations de la diminution ou des troubles de la capacité de travail. Autrement dit, la fatigue se traduisant par une diminution de la capacité de travail, c'est cette dernière que l'on mesure soit par des méthodes directes (rendement), soit par des méthodes indirectes (tests psycho-physiologiques, tests indirects collectifs). Ces derniers, au fond, sont les plus importants, car dans la fatigue industrielle, la fatigue de l'individu intéresse moins que celle de la collectivité, c'est celle-là qui se traduit directement par une diminution de la capacité de travail et qui est le signe objectif du coefficient de fatigue des diverses professions et industries.

TEST DU RENDEMENT

La définition même de la fatigue en tant que diminution de la capacité de travail implique que le rendement varie inversement avec la fatigue. La méthode consiste à établir une courbe ayant pour ordonnées les unités

de rendement et pour abcisses les temps. Un rendement théorique maximum serait représenté par un tracé ayant une ascension verticale au début, suivi d'une ligne horizontale, ce qui permet d'apprécier exactement sur les autres tracés les influences de la fatigue. D'une manière générale, le rendement journalier s'accroît rapidement pendant la première partie de la matinée, diminue vers midi, augmente pour atteindre un maximum après l'heure du repas et tombe très vite pour aboutir à un minimum à la fin de la journée. A côté du rendement horaire quotidien, on peut mesurer la valeur du rendement sur des périodes plus longues, rendement journalier de la semaine, hebdomadaire du mois, mensuel de l'année; c'est ainsi qu'on peut faire apparaître d'autres facteurs dans la courbe. On admet que la fatigue est d'autant plus marquée ou survient d'autant plus rapidement que la chute est plus précoce ou plus accentuée.

D'ailleurs, avant l'utilisation du rendement comme mesure collective, les psychologistes et les physiologistes l'avaient déjà pris comme unité de mesure dans la fatigue individuelle, pour ne pas tenir compte des éléments subjectifs de fatigue dont la valeur définitive est toute relative.

Au point de vue industriel, Imbert, Treves (1903), Pieraccini et Maffei (1906), Crichton Browne ont étudié les premiers les variations du rendement, qui a été utilisé depuis par de nombreux auteurs (Abbé, Fromont, Weber, Roth, Kent, Vernon, etc.). La technique du procédé a été récemmont coordonnée par S. Florence qui en a montré toutes les difficultés. Dans ces dernières années, les études sur le rendement industriel ne font que se multiplier.

On a d'autant mieux cru trouver dans le rendement une marque évidente et un signe de la fatigue que certains auteurs, comme Keele-Shaw et Kennedy ont découvert des concordances de forme entre les courbes représentant la résistance de certains métaux et celles qui se rapportent à l'endurance humaine mesurée par rendement, donnant lieu de croire qu'il existerait des lois fort générales, rapprochant les manifestations de l'activité des lois physiques qui régissent la résistance des corps solides inor-

ganiques; ce sont là des idées suggestives et pleines d'intérêt.

Pour être valable comme mesure de la fatigue, le test du rendement doit varier comme elle, c'est-à-dire en être un résultat direct et ne varier qu'avec elle, sans être influencé par d'autres facteurs. Or, le rendement n'est qu'une mesure indirecte de la fatigue et ne traduit celle-ci que dans la proportion où il reflète la capacité de travail et où la capacité de travail elle-même est influencée par la fatigue. Le test du rendement exige donc deux conditions : il faut qu'il traduise exactement les variations de la capacité de travail; il faut que cette dernière ne varie qu'avec la fatigue.

Un examen un peu approfondi du problème montre que ces conditions ne sont pas réalisées. Le rendement ne varie pas seulement comme la capacité de travail et celle-ci en fonction de la fatigue. De plus, pratiquement, le test ne s'applique qu'à un certain nombre d'opérations limitées; la mesure nécessite trop de précautions pour que des causes d'erreur ne se glissent pas. L'interprétation des courbes est trop délicate. Tels sont les ordres de critique qui peuvent être apportés à ce test.

La capacité de travail, qualité dynamique individuelle, non observable directement et déterminée par un certain nombre de facteurs, se traduit indirectement par le rendement. L'on confond trop souvent dans la discussion du problème, capacité de travail et son expression habituellement choisie, le rendement. D'autre part, les variations du rendement mesurent les variations dans l'accomplissement d'une tâche et non pas dans la capacité à accomplir. De plus, certains facteurs qui déterminent cette capacité de travail sont en dehors du cadre de l'activité (conditions de milieu, ventilation, éclairage), tandis que d'autres peuvent affecter le rendement terminal sans toucher à la capacité de travail. C'est ainsi, par exemple, que le temps sec réduira le rendement d'une filature, que la lumière artificielle augmentera le nombre des accidents, que les restrictions syndicales peuvent diminuer le rende-

ment, mais tous ces couples de causes et d'effets ne peuvent pas être appelés fatigue, parce qu'ils ne passent pas par la capacité de travail (S. Florence).

Certains facteurs agissent pour diminuer le rendement sans passer par la fatigue. Or, ils peuvent être classés en deux groupes : ceux qui, comme la fatigue elle-même, sont des états psycho-physiologiques du travail, et ceux qui sont condition ou phénomène extérieur.

Il faut noter tout d'abord qu'il y a des oscillations du rendement dues aux variations de la capacité de travail en dehors de toute fatigue (Lombard, Storey, Muscio, Myers, Martin, Putnam).

Les facteurs psycho-physiologiques de variation propre de la capacité de travail sont des facteurs d'augmentation : pratique, coup de collier, excitation (Myers), rythme (Weber); ou de diminution : mise en train (Myers) et stéréotypage ou limitation volontaire. Dans certains cas, la fatigue exagérée peut se traduire par un rendement élevé, si l'influence particulière des facteurs d'excitation devient prépondérante. Le stéréotypage, dû à de nombreuses causes (Vernon), volontaires ou inconscientes (habitudes du travail), peut être dans certains cas indicatif de fatigue, en tant que défense instinctive contre le surmenage, avec adoption soit consciente ou inconsciente d'habitudes particulières de rythme et de mouvement (Lahy). D'autres facteurs, plus spécialement psychiques, interviennent: lassitude par monotonie diminuant la capacité, ou intérêt l'augmentant. Il faut remarquer au point de vue psychologique que la production de l'effort volontaire, qu'il soit mental ou mécanique, suit une courbe diifférente de la courbe de la fatigue subjective et de la sensation d'effort. Les oscillations de la volonté s'effectuant chez un travailleur fatigué et variant avec l'intérêt qu'inspire le travail ont pour conséquence d'intensifier l'application et de diminuer la sensation d'effort en dissimulant ainsi la fatigue. Ces courbes volitionnelles constituent la personnalité psychologique de l'individu et la raison des différentes capacités de production et de résistance (Mosso, Treves, Kraepelin).

En dehors de ces causes immédiates, le rendement peut dépendre de l'état de santé et de morbidité dont on a voulu faire un test de fatigue. Or, dans certaines opérations, la santé physique du travailleur peut présenter de grandes variations sans influencer les opérations effectuées, alors que dans d'autres de très petites variations dans l'état de santé ou d'attention se révèlent par des modifications dans le travail.

En définitive, le rendement dépend dans certaines limites de l'intensité de l'excitant, et dans d'autres de l'intensité des excitants vis-à-vis des autres catégories d'activité différentes de celle qui le produit (Muscio). Il s'ensuit qu'il apparaît comme une quantité relative et que des corrélations définies ne peuvent être établies avec la capacité fonctionnelle et par conséquent la fatigue.

Deux facteurs limitent en outre l'emploi du rendement comme test universel de fatigue. Il ne peut s'appliquer qu'aux opérations qui se prêtent à la détermination d'unités de rendement. De plus, la valeur du test dépend de la nature du travail accompli et en particulier de l'étendue du rôle que joue le facteur humain dans la production.

Il faut que les unités de rendement soient constantes pendant une période de temps suffisamment longue ou elles doivent pouvoir être rendues telles par le calcul.

Ces unités, dont les quantités doivent servir à la statistique, doivent être assez semblables en qualité pendant toute la durée de la période de temps qui sert dans la mesure, et assez petites pour permettre au moins la productions de deux telles unités dans cette même période. L'énumération du rendement dépend donc de son uniformité et de sa divisibilité. Il semble ne devoir s'appliquer qu'à des travaux de répétition (opérations mécaniques industrielles), c'est-à-dire à ceux où justement l'élément humain est le plus réduit. Il faut toutefois déterminer si les produits désignés par le même nom ne sont pas de taille différente ou n'exigent pas dans leur fabrication un effort différent, conditionné par divers facteurs (qualité

des matériaux, des machines utilisées, conditions extérieures comme l'éclairage, la ventilation). Dans certaines industries, comme celle de la chaussure, le manque d'uniformité des articles finis a obligé à rechercher d'autres indices. La même quantité d'une catégorie définie de rendement, si elle est produite par des machines différentes, peut impliquer une facilité différente de production; de même, des machines accusent d'une façon marquée des variations dans la facilité de production selon leur entretien. Pour une même machine d'ailleurs, de légères différences dans la surveillance, la mise en œuvre, le contrôle, le guidage du moteur, peuvent produire de grandes différences dans la facilité d'exécution d'une opération.

Lorsque le rendement ne se prête pas à une compilation statistique directe due à la diversité, d'autres moyens d'énumérations ont été recherchés, comme dénominateur commun de comparaison : salaire aux pièces (Abbé, Weber), comparaison du coût du travail (Florence), taux de rendement d'une opération particulière, dans un cycle d'opérations régulières (Smith). Mais dans ces différents cas le calcul du rendement horaire, même s'il est techniquement possible, n'a pas grande valeur, car des variables trop nombreuses interviennent, qui ne permettent plus de comparaison adéquate.

L'application du test se limite de plus aux opérations dans lesquelles le facteur humain est prédominant, par opposition au facteur mécanique. Quand il s'agit en effet d'ouvriers affectés à une machine qui commande elle-même la vitesse de travail, le rendement mesure, non pas l'efficacité humaine, mais celle de la machine. Il est donc d'importance capitale de déterminer au préalable pour chaque opération étudiée la mesure dans laquelle la production dépend de l'efficacité humaine ou mécanique. Selon les opérations effectuées, le facteur humain peut jouer un rôle allant théoriquement de 100 pour 100 dans les opérations non automatiques à 0 pour 100 dans les processus complètement automatiques, et très variable dans les opérations semi-automatiques. Dans les processus

qui semblent complètement automatiques pourtant, le facteur humain ne perd jamais ses droits : il y a toujours en effet la surveillance de la machine. Mais dans les processus semi-automatiques, le problème est complexe, car il y a des industries, comme les industries textiles, où l'efficacité productrice dépend moins des variations de la capacité de travail de l'individu que des facteurs physiques (force du fil, qualité de la trame utilisée, état de l'atmosphère).

Le rendement ne s'applique pas d'autre part aux opérations enchaînées, c'est-à-dire à celles où le rendement individuel dépend non pas de l'énergie du travailleur intéressé, mais du rendement des travailleurs préposés aux opérations antérieures (industrie de la chaussure). De plus, il faut que le travail soit uniforme. La pression du travail à des heures différentes dépend dans certaines opérations (vendeuses de magasin, téléphonistes), d'éléments extérieurs (public), ce qui fait que la mesure du rendement est complètement inadéquate comme mesure de variation personnelle.

L'établissement des résultats nécessite trop de précautions pour que des causes d'erreurs ne se glissent pas. En effet, l'observation de certains détails est essentielle. Il faut, en définitive, isoler autant que possible le facteur constitué par la capacité de travail, et exclure tous ceux qui peuvent toucher la production, sans passer par son intermédiaire (facteurs dus aux conditions de travail ou au travailleur lui-même). Ces facteurs doivent être ou maintenus constants, ce qui est rarement réalisable dans les conditions industrielles actuelles, ou déterminés par le calcul de façon à être éliminés, ce qui offre également un certain nombre de difficultés. Deux précautions sont particulièrement à prendre : tout d'abord, il faut toujours rapporter un total de rendement au chiffre du personnel, ce qui est parfois difficile à faire, étant donné la difficulté qui se présente de déterminer à un moment précis le nombre exact de travailleurs employés; même quand ce nombre est connu, le taux de rendement indivi-

duel ainsi déterminé peut différer de la capacité de travail si les employés dans leur ensemble varient d'habileté ou d'expérience; il faut donc comparer seulement le travail similaire provenant de mêmes travailleurs ou d'un même groupe, si l'on veut connaître avant et après modification par exemple la valeur de fatigue de certaines conditions de travail.

Les études de rendement nécessitent donc des enquêtes systématiques de longue durée (les tests sporadiques n'ayant aucune valeur), effectuées dans les conditions ordinaires de travail, afin de laisser ignorer aux sujets choisis les recherches en cours pour éviter l'influence de facteurs psychiques.

La seconde précaution consiste à rapporter le rendement à l'horaire effectif de travail, c'est-à-dire celui qui est l'occasion de la fatigue professionnelle. C'est ainsi par exemple qu'un accroissement de rendement par suite de la réduction des heures de travail peut traduire l'état d'esprit de travailleurs qui craignent une diminution de salaires et ne pas être un signe évident soit d'une fatigue diminuée, soit d'une augmentation de la capacité de travail (Florence). Il faut en particulier déterminer et éliminer du calcul la valeur du temps perdu involontaire, c'est-à-dire celui où le travail n'a pas lieu parce qu'il ne pouvait être accompli (par manque de matériaux, réparation de machines, ou arrêt de force motrice, etc.). Inversement, si à de certains moments dans la journée le travail doit aller plus vite qu'à d'autres, on peut dire que dans la mesure où ces facteurs jouent, ce sont les événements de l'usine ou les conditions économiques extérieures qui influent dans la distribution du rendement.

Il faut donc ne tenir compte dans les variations de la courbe de rendement que du temps où le travailleur était en état de travailler et ne baser le taux de ce rendement que sur ce dénominateur. C'est pour cette raison d'ailleurs qu'il convient de neutraliser les premières et les dernières minutes de chaque période de travail dues aux pertes de temps par mise en train et démarrage (S. Florence). Pour les mêmes raisons, les chiffres obtenus

doivent être mis en rapport avec le temps perdu par maladie ou accidents.

La dernière série de critiques s'applique à l'examen statistique des données recueillies. La méthode la plus usuelle de l'établissement des données consiste à examiner un groupe de travailleurs et noter leur rendement, ce qui a pour avantage d'assurer la précision et d'effectuer l'enregistrement selon les buts que l'on se propose, mais offre l'inconvénient d'exiger un gros personnel et surtout d'introduire des éléments de trouble auprès des ouvriers (présence des enquêteurs) et de faire naître des conditions d'expérimentation qui n'existent pas dans la vie industrielle ordinaire. La meilleure méthode d'enregistrement serait évidemment celle des compteurs automatiques, mais dans la plupart des cas elle est pratiquement irréalisable. Elle a été utilisée pourtant par Roth (établissements Siemens et Halske) et Ryan.

La comparaison des courbes est de plus difficile. Si dans une certaine mesure elles sont identiques dans leurs lignes générales (ascension, plateau, chute), elles varient d'une manière caractéristique avec chaque catégorie d'opérations effectuées selon le travail accompli et la nature (musculaire ou nerveuse) de l'effort exigé (travaux d'attention soignée et de coordination musculaire; d'habileté et de dextérité; purement musculaires, Lee). Le standard de comparaison nécessaire consiste à rapporter les chiffres horaires de variations, non pas à la valeur de l'heure moyenne de rendement comme cela est généralement fait, mais à l'heure de rendement maximum (S. Florence). Pour que ce standard de comparaison soit valable, il faut toutefois que le rendement ne soit pas sujet à des variations extrêmement accusées; il doit offrir un certain nombre de garanties de stabilité, fournies d'ailleurs par la limitation même de la capacité de travail du moteur humain.

Cette façon de faire a permis des comparaisons qui n'auraient pu être effectuées autrement, entre des industries de catégories différentes (S. Florence).

En résumé, le test du rendement qui, pour Vernon, est le meilleur test de fatigue collective, a pour avantage de pouvoir s'établir soit par le collationnement des données statistiques courantes, soit par l'étude d'enregistrements déjà faits.

Mais le rendement ne varie pas comme la fatigue et trop de facteurs perturbateurs, soit physiologiques, soit psychiques, interviennent pour en modifier l'allure. Si l'on va au fond des choses, on voit que le test de rendement indique moins un état de fatigue qu'une diminution de la capacité de travail, et moins encore une diminution de la capacité de travail qu'une diminution dans l'accomplissement d'une tâche à effectuer.

En pratique, il se limite aux opérations où l'élément humain est prépondérant, et à celles présentant une uniformité et une divisibilité faciles en unité. De plus, trop de précautions sont à prendre pour éliminer tous les facteurs perturbateurs pour que l'on puisse espérer avoir autre chose que des indications.

TEST DES ACCIDENTS

Un signe important et précoce de fatigue est l'affaiblissement du pouvoir d'attention, la diminution de précision des mouvements musculaires coordonnés, ce qui doit se traduire objectivement par un accroissement de la fréquence des accidents atteignant soit le personnel (accidents proprement dits), par ralentissement de la vitesse des mouvements instinctifs de défense, soit le matériel (bris, accidents de machines, malfaçons), par suite de la perte d'attention. On s'est donc demandé si, en interrogeant avec soin les statistiques d'accidents du travail, elles ne fourniraient pas de relation entre le moment de production et la fréquence des accidents, et la fatigue consécutive au travail (Glibert).

Effectivement, l'expérience et l'observation ont montré qu'au bout d'un certain nombre d'heures de travail, le nombre des accidents augmentait, ce que l'on a attribué

à l'influence directe de la fatigue. Si le test du rendement permet, dans une certaine mesure, de juger de la quantité du travail, le taux des accidents permet, lui, de juger de la qualité; d'autant plus que la courbe de qualité, mesurée par le nombre des erreurs horaires, suit de très près celle de la répartition des accidents.

Schématiquement, le taux des accidents croît dans la journée de travail, en intensité jusque vers onze heures; dans l'après-midi, on noterait également une courbe à peu près analogue. En dehors de cette répartition horaire, il peut être intéressant, comme pour le rendement, d'examiner le nombre d'accidents par semaine, par mois, par année, par saison, etc..., ce qui, dans certains cas, a permis de juger de certaines influences.

De nombreuses statistiques de répartition des accidents ont été établies : les statistiques d'accidents de 1887 de l'Institut impérial d'assurances allemand la donnaient déjà; mais Imbert et Mestre, les premiers, en 1905, ont attiré l'attention sur les relations probables entre la fatigue et le nombre d'accidents. De nombreuses statistiques ont été publiées (statistiques allemandes de 1907, statistiques de l'Illinois de 1910-1911-1912-1913; travaux de Napias, Roth, Leroy, Vernon), surtout depuis la guerre (travaux américains et anglais). Elles sont dans tous les livres classiques sur la fatigue; c'est donc volontairement que nous les laissons de côté.

La courbe des accidents se distingue de la courbe du rendement en ce que la relation entre la fatigue et le nombre des accidents est proportionnellement directe. De plus, la courbe d'accidents semble répondre d'une façon beaucoup plus rapide et plus simple à la fatigue : alors même que le rendement s'accroît, avant que la fatigue ne se soit enregistrée par une diminution de la vitesse de production, elle peut être décelée dans certains cas par un accroissement très disproportionné d'inexactitudes et d'erreurs.

L'utilisation des accidents comme test de fatigue implique que leur nombre ne varie qu'avec la fatigue et indépendamment d'autres facteurs. L'examen de la question

montre que ce n'est pas le cas, et qu'à cette critique de principe, viennent s'en ajouter d'autres d'ordre pratique; la mesure des accidents nécessite un certain nombre de précautions et l'interprétation des courbes obtenues est assez délicate pour entraîner parfois des causes d'erreur.

Les accidents ne varient pas seulement avec la fatigue ni comme elle. Tous les accidents, en effet, ne dépendent pas du facteur humain. Les uns sont dus à des causes fortuites, imprévisibles, ou aux machines, et sont préventibles dans ce dernier cas par un ensemble de mesures relevant de l'organisation technique du travail (dispositifs de sécurité). Les autres sont dus aux ouvriers eux-mêmes pour des causes diverses : mauvaise adaptation de l'ouvrier à son travail; déficience des facultés techniques (fausses manœuvres), des facultés physiologiques (surdité, mauvaise vision), des facultés psychologiques (manque d'attention, absence de sang-froid). Sur 2.678 accidents (Illinois, 1910), Bogardus a trouvé que 17,2 0/0 étaient indépendants du travailleur, et que le reste, soit 82,8 0/0, dépendait de l'absence de mouvements exacts. Sur 100 accidents mortels, Frois en a trouvé 25 dus à des causes fortuites et imprévisibles, 32 dus à une protection insuffisante du travail, et 43 à une mauvaise adaptation de l'ouvrier (déficience des facultés techniques: 18; des facultés physiologiques : 15; des facultés psychologiques : 18). Ces chiffres montrent toute la restriction qu'il faut apporter dès le début à la valeur des accidents comme tests de fatigue, d'autant plus que certains accidents peuvent n'avoir aucun élément de fatigue dans leurs causes (ceux dus aux entorses, par ex.), mais ils sont, toutefois, la minorité.

Il est très difficile, pratiquement, de tracer une ligne bien précise entre les accidents dépendant du facteur humain et ceux dépendant du facteur mécanique, leurs causes étant généralement dues à une combinaison de ces deux éléments, dans des proportions différentes. S. Florence, par exemple, classe les accidents industriels en

commençant par ceux où l'élément humain intervient le moins.

A) Accidents dus à une action inhabituelle des matériaux :

1° Accidents qu'aucune capacité humaine n'aurait pu prévoir ou éviter au moment où ils se sont produits;

2° Accidents qui auraient tout juste pu être prévus avec une très grande attention;

3° Accidents qui auraient pu être évités par une réaction très rapide;

4° Accidents qui auraient pu être prévus par une grande attention ou évités par une rapide réaction.

B) Accidents dus à une action inhabituelle de la part du travailleur, consécutive à son manque de coordination ou à son inattention positive :

1° Travailleur exténué par des conditions de milieu de travail inhabituelles;

2° Travailleurs sans exténuation.

C) Accidents dus à l'action inusuelle du matériel, consécutive à une action inhabituelle de l'individu lui-même (par exemple, obus que le travailleur laisse tomber sur ses pieds).

Dans le mécanisme même de l'accident interviennent deux facteurs : passage à un point dangereux où agit une cause extérieure nocive, ce qui détermine le risque d'accident; réaction de l'individu conditionnée par son attention et sa coordination musculaire, ce qui détermine la production de l'accident. Ces deux facteurs peuvent agir de manière tantôt concurrente, tantôt adverse, sans qu'il soit toujours possible de déterminer le sens de l'action.

Le passage au point dangereux, s'il dépend de la fatigue par son action sur l'attention et la coordination musculaire, dépend également d'autres facteurs.

La vitesse de production joue à ce point de vue un rôle primordial. On peut dire que dans la majorité des cas les accidents varient directement avec la vitesse de production, et cela par accroissement d'exposition au danger, puisque les mouvements spécifiquement dangereux ont à être accomplis plus souvent dans un temps donné.

Cette vitesse de production agit d'ailleurs soit directement, par les mouvements qu'elle implique, soit d'une façon indirecte, par son influence sur l'état psychique. C'est ainsi que si la vitesse de travail est en dehors du contrôle du travailleur, qui se sent bousculé, agacé, nerveux, il est apte, à ces moments-là plus qu'à d'autres, à des mouvements incoordonnés. Dans cet ordre d'idées, les changements de vitesse dus à la vitesse de production accroissent les erreurs proportionnelles, et augmentent par conséquent les risques d'accidents (Franz). Dans certains cas, par contre (expériences faites à l'arsenal de Watertown rappelées par S. Florence), la diminution de vitesse de rendement a un effet inverse, en accroissant le taux d'accidents horaires par relâchement de l'attention et des temps de réaction.

Dans la mesure où la vitesse de production détermine le taux d'accidents, la fatigue l'influencera d'une manière indirecte par son action sur le rendement. Elle peut agir parfois comme excitant physiologique d'augmentation de la vitesse de production, et dans ces cas elle augmente le nombre d'accidents; parfois comme réducteur de vitesse, diminuant leur nombre (Vernon). De plus, dans les cas où la fatigue agit pour augmenter la vitesse de production, le nombre d'accidents consécutif peut être si prononcé que la vitesse de travail se trouve réduite et que le teux des accidents diminue par le fait même. On voit donc là toute la complexité du problème (Florence). La vitesse de production agit de plus en entraînant une augmentation de l'inexactitude des mouvements (Muscio).

A côté de la vitesse des opérations, il faut tenir compte de la nature des opérations effectuées. Si, à de certaines heures de la journée, les travailleurs sont occupés à un travail plus dangereux, comme les fondeurs qui font la coulée du métal, la distribution des accidents variera en conséquence, en dehors de la fatigue, et leur accroissement marquera non pas une diminution de la capacité de travail, mais seulement l'accroissement du risque (Vernon). De même, dans certaines professions, lorsque le rendement subit de très grandes variations, comme dans

les téléphones, les magasins, avec les coups de presse, en dehors de la participation des travailleurs, la courbe d'accidents ne peut être d'aucun secours. On ne peut donc comparer les accidents qui se produisent dans les périodes entre lesquelles il y a inconstance définie dans les conditions physiques de danger, soit que le travail lui-même devienne plus ou moins dangereux, soit que les travailleurs passent régulièrement d'une opération à une autre impliquant un risque différent de danger.

Les réactions individuelles devant le risque d'accidents dépendent de la réponse motrice correcte à une situation donnée, de la perception exacte de cette situation, de la mémoire exacte de cette réponse correcte. Le défaut d'attention, l'incapacité de se décider, l'incapacité d'agir vite sont les trois principaux mécanismes de l'accident. L'influence directe de la fatigue agit tout d'abord dans le relâchement de la perception et de la mémoire.

L'attention agit par sa diminution d'intensité, qui croît avec la durée et l'intensité d'un travail, et par le fait qu'elle est à la base d'un facteur psychologique : manque d'intérêt et d'assiduité. Or, la caractéristique de la machinerie moderne, c'est d'exiger de la surveillance ou de faire appel constamment à l'attention, et il faut donc tenir compte de la fatigue intellectuelle et de la dépression nerveuse qui en est la forme de fatigue, pour expliquer la progression croissante des accidents, dans les industries où le travail est le plus souvent limité à la surveillance des machines.

La fatigue agit encore par la diminution de vitesse et de l'exactitude de la réponse motrice correcte, ainsi que par la diminution du tonus général qui empêche l'exercice correct de l'attention et de la coordination musculaire. L'expérience personnelle nous donne l'exemple d'accidents que l'on a vu venir, mais pour lesquels on n'a pas eu la force de réaction nécessaire.

Vitesse de production et fatigue, tels sont les deux principaux facteurs que l'analyse révèle comme producteurs d'accidents. Or, jusqu'à présent, il ne semble pas que

l'accord se soit fait sur la valeur relative qu'il faille leur attribuer. L'organisation scientifique du travail permettra probablement dans chaque cas particulier d'isoler leur part respective.

Pour certains auteurs (Vernon, Chaney et Hanna, Frois et Caubet), la vitesse et la marche de la production sont les facteurs essentiels, partout où le travail n'est pas organisé techniquement (Frois), la fatigue n'intervenant que secondairement pour augmenter ou diminuer ce taux. Dans le cas d'élévation ou de maintien de la vitesse de production, la fatigue explique l'accroissement disproportionné du nombre des accidents, comme elle explique l'absence de toute diminution dans le cas de chute de la vitesse de production.

Lee pense, au contraire, que la plupart des accidents ont une origine physiologique. Collis et Greenwood estiment qu'ils se produisent avec une fréquence similaire à celle des maladies, ce qui montre bien l'importance du facteur humain.

Pour Spaeth, les relations ne sont pas aussi simples qu'on pourrait le croire, et cet auteur conclut, qu'avec une capacité de travail mesurée en termes de rendement, la distribution des accidents semble tantôt être en corrélation avec un accroissement de production, tantôt avec une diminution, et qu'il est difficile, à l'heure actuelle, de faire exactement le départage des deux. Il semble, d'ailleurs, que si la très grande fatigue augmente sans doute la susceptibilité aux accidents, cette question soit plus douteuse et doive être réservée, pour un degré modéré de fatigue.

D'autres auteurs ont voulu faire jouer un rôle à la coordination musculaire (Chaney et Hanna). C'est la théorie américaine (Bureau of Labour Statistics, 1918), d'après laquelle la vitesse de production et la coordination imparfaite des mouvements joueraient seules un rôle.

Le problème est d'autant plus complexe que d'autres facteurs secondaires interviennent. C'est d'abord la susceptibilité personnelle (Greenwood et Woods, Vernon, Chaney, etc.), qui est d'ailleurs chose si importante qu'une

fois l'expérience acquise à propos d'un certain nombre de travailleurs et au sujet d'une période déterminée de travail, il est pratiquement possible de déterminer, avec une précision suffisante, le pourcentage moyen qui frappera une équipe dans la période de travail suivante (Vernon). Cette susceptibilité individuelle se relie d'autre part au problème des nouveaux travailleurs, et un certain nombre taux d'accidents et l'inexpérience (Lee, Mock, Glibert, Kitson et Campbell, Chaney et Hanna, Greenwood et Woods, Drinker). Kitson et Campbell indiquent par exemple que sur 2.498 ouvriers, comprenant 1.415 nouveaux employés, le chiffre des accidents est de 2.130, alors que pour un personnel de 2.417 unités, comprenant 761 nouveaux ouvriers, le chiffre des accidents n'est plus que de 1.486. Chaney indique que pour des travailleurs employés depuis six mois au moins, le taux de fréquence d'accidents est de 37,1 cas par million d'heures d'exposition au risque, pour tomber à 34,8 cas pour ceux ayant de six mois à un an d'expérience, les chiffres tombant à près de 0 au delà de quinze ans d'expérience.

C'est ensuite toute la série de facteurs physiologiques ou psychiques (dépression, manque d'intérêt, manque d'appréciation correcte du danger), ayant un effet sensibilisateur et pouvant être déterminés par la fatigue du travail ou par des causes extérieures à elle (Vernon, Fisher). Ces états psychiques jouent inversement un rôle important dans la diminution du nombre des accidents à la fin de la période de travail, au moment où ils devraient être à leur maximum (joie de la fin du travail). D'ailleurs, si la fatigue est cause d'accidents, la crainte des accidents entraîne de la fatigue.

Les habitudes de vie des travailleurs jouent un rôle. Vernon, pour sa part, accorde de l'importance à la consommation de boissons alcooliques.

Le nombre des accidents varie encore avec les conditions de milieu indépendantes de toute fatigue directe du travail : éclairage, ventilation, température, état du matériel et de la machine, bruit, monotonie, rythme; — en augmentant les risques de passage au point dangereux ou

en diminuant indirectement la capacité d'attention et de réaction. La température, par exemple, augmente les risques d'accidents, par incoordination musculaire et irritabilité, augmentation de la négligence et de l'inattention, s'il s'agit de température relativement élevée, par engourdissement musculaire et perte de dextérité avec les températures relativement basses. Il est parfois difficile de dissocier l'action de certains facteurs. C'est ainsi que l'éclairage agit de diverses façons. La diminution de l'éclairage, en diminuant la capacité de travail, et en entraînant un effort musculaire supplémentaire, aussi bien qu'en diminuant la visibilité des points dangereux, tend à augmenter le nombre des accidents; d'autre part, puisqu'elle tend à diminuer le rendement, elle diminue le nombre des accidents.

Mais à côté de ces critiques de fond, il y a des critiques d'application. Les sources des données se trouvent généralement dans les procès-verbaux des déclarations officielles obligatoires d'accidents, et dans les statistiques établies par leur aide. Les renseignements portent sur les circonstances de l'accident (ce qui donne la mesure dans laquelle il dépend du facteur humain), la date et l'heure de sa production, la durée du travail effectué auparavant (ce qui peut donner une indication sur son état de fatigue).

Les statistiques ne représentent pas la réalité des faits. Dans certaines usines, on tient compte de tout accident nécessitant un premier secours. Dans d'autres cas, on ne tient compte que de ceux assez graves pour être signalés, selon les prescriptions de la loi. Au point de vue statistique, et pour une même entreprise d'ailleurs, le standard adopté importe peu pratiquement, pourvu que la définition soit toujours la même pour la période sur laquelle portent les statistiques. Mais la comparaison entre les entreprises diverses ne peut être effectuée.

Les causes d'erreur proviennent également du nombre d'accidents enregistrés. Les accidents légers ou bénins (brûlures, coupures légères, petits corps étrangers), acci-

dents toutefois au terme médical du mot, peuvent ne pas être déclarés par l'ouvrier. Un sujet extrêmement nerveux ou extrêmement attentif signalera les accidents qu'un autre travailleur négligera ou ne jugera pas utile de faire enregistrer. Vernon fait, en effet, remarquer que pour un accident déclaré, il en est dix autres qui se produisent et qui ne figurent pas sur les statistiques.

Une autre source d'erreur provient de la notation de l'heure de l'accident : notation par exemple de l'heure où il a été signalé ou de celle à laquelle les premiers soins ont été donnés au lieu de l'heure à laquelle il s'est produit, ce qui a lieu surtout dans les cas d'accidents bénins et entraîne une détermination incorrecte de la durée de la période antérieure de travail. Or, aucune conclusion exacte entre la relation qui existe entre l'accident et l'état de fatigue supposé ne peut être établie sans la connaissance, avant chaque accident, de la valeur de l'activité qui l'a précédé. Dans l'établissement même des statistiques, la précision sera d'autant plus rigoureuse que les divisions du temps seront plus petites (périodes de demi-heures meilleures que périodes d'une heure, et ainsi de suite).

Mais les statistiques ne mesurent pas la gravité des accidents qui indiquerait pourtant plus particulièrement dans certains cas du moins la valeur de la déficience de la réaction individuelle. Indirectement toutefois cette gravité peut être obtenue par les chiffres de temps perdu et de compensation.

Enfin, les courbes nécessitent une certaine interprétation : les chiffres absolus des accidents doivent, pour chacune des périodes pour lesquels ils sont établis, être mis en rapport avec le nombre des travailleurs présents et avec les chiffres de rendement. L'accroissement ou la diminution du personnel peut et doit à un moment donné entraîner des variations correspondantes du taux des accidents.

Dans la mesure où les accidents dépendent de la vitesse de production, leur courbe absolue, même si elle est

exacte et se base sur des enregistrements et des calculs certains, même si elle a subi les corrections nécessaires pour les variations du nombre des travailleurs, n'a aucune signification si elle ne se rapporte pas au rendement. Un accroissement absolu du nombre des accidents peut provenir d'un accroissement de rendement dû à son tour à un coup de feu ou toute autre cause faisant échec à la fatigue, et dans ces conditions mesure une diminution plutôt qu'un accroissement de fatigue. De même, une diminution absolue du nombre des accidents peut provenir d'une diminution de rendement consécutive à une augmentation de fatigue, et non à une diminution du risque. Il faudra donc dans cette détermination tenir compte de tous les facteurs perturbateurs qui agissent sur le rendement (préparation du travail, temps perdu, réparation de machines, manque de force, etc.). Certains facteurs, toutefois, jouent une plus grande part dans l'influence qu'ils ont sur les accidents sans passer par la capacité de travail qu'ils ne le font pour influencer le rendement.

Aussi la comparaison des différentes parties de la même courbe et de courbes différentes ne peut-elle être effectuée directement. Il faut prendre, à ce point de vue, la meilleure heure comme standard de comparaison. Cette meilleure heure, qui était, pour le rendement, l'heure de production maximum, est, pour l'accident, celle dans laquelle les risques tombent le plus bas. Il faut donc établir un rapport qui donne l'horaire des risques minima par unité de rendement et prendre, comme unité de comparaison, le point le plus bas de ce rapport (S. Florence), qui décèle le mieux l'influence de la fatigue. Si, en effet, en l'absence de fatigue, les accidents varient directement avec la vitesse de production, par suite de l'augmentation de l'exposition au danger, la rupture de cette variation régulière s'indique de plusieurs façons : accroissement disproportionné du nombre des accidents avec la diminution de rendement; dissemblance entre les courbes d'accidents et de rendement; chute disproportionnée de la courbe des accidents et de la courbe de rendement.

Malheureusement, les statistiques d'accidents et de rendement sont très difficiles à mettre en rapport, car les éléments primordiaux manquent souvent. On peut avoir alors recours aux courbes de la consommation de force motrice, mais ces dernières ne peuvent être qu'approximatives, puisque la mesure d'énergie ne peut servir de mesure de rendement que pour le travail de machines, ce qui ne constitue qu'une fraction variable selon les usines, de l'énergie de travail totale (S. Florence).

Enfin, la valeur de démonstration des taux d'accidents paraît diverse. Imbert estime qu'ils peuvent déceler la fatigue journalière à l'exclusion du surmenage. Dans ce dernier cas, des statistiques de longue durée sont nécessaires : si des facteurs fortuits d'accidents peuvent arriver à disparaître, d'autres facteurs d'erreur apparaissent, roulement de la main-d'œuvre, notamment, qui tend à maintenir identique la population ouvrière et à masquer le surmenage.

En définitive, le test d'accidents est encore moins précis que celui du rendement. La fatigue semble jouer un rôle trop minime par rapport à d'autres facteurs dans sa détermination. L'utilisation des statistiques exige un certain nombre de précautions pour avoir des résultats valables, précautions dont la non-observation invalide trop facilement les résultats qui peuvent être acquis.

TEST DE LA MORBIDITÉ

La fatigue cumulative, qui est le deuxième caractère de la fatigue collective industrielle, doit se traduire par des altérations de la santé, le test final de la fatigue créée par une profession étant en définitive sa répercussion sur l'individu (Vernon). C'est un fait acquis par l'expérience quotidienne aussi bien que par les recherches de laboratoire, que la fatigue rend plus susceptible aux maladies constitutionnelles ou infectieuses, qu'elle soit physique

(Peter, Carrieu, Revilliod, Reudon, Dreyfus, Brisac, Lagrange, Layet, Laccassagne, Keim, Fraenkel, Coustan, Bouchard, Charrin et Roger, Arloing, Marfan, Kaan, Roth, Jaccoud, Héricourt, Tissié, Vincent, Mulon et Porak, Loeper et Oppenheim, Josué, Laignel-Lavastine, Cassola), ou qu'elle soit mentale (Carstadt, Schmidt, Monari, Key, Wretling, Wahl, Molling, Hanson, Binet, Ignatieff, Cohn, Eulenburg, Mathieu, Moebius, Kraepelin).

Les rapports de la fatigue industrielle et de la morbidité professionnelle ont été mis en valeur par différents auteurs (Thackrah, Layet, Lagrange, Griesinger, Leques, Solovieff, Monneret, Lombardo, Cowell, Niceforo, Kaan, Bunge, Roth, Marvaud, Schuler et Burkhardt, Sachnine, Fromont, Napias, Zimmermann, Ioteyko, Koelsch, Kober, Watkins, Thompson, Easton, Spaeth, Hayhurst, Lee, Kent, Vernon, Pattison). Le surmenage industriel d'ailleurs ressemble parfois à une maladie infectieuse (Layet, Pflügel, Zuntz, Freyer, Arloing, Mosso, Landois). Signalons pourtant que certaines recherches effectuées récemment tendent à établir que les animaux fatigués présentent loin d'une sensibilisation, une augmentation de résistance aux toxines bactériennes (Spaeth et Oppenheim).

Quand la fatigue n'atteint pas ce degré de morbidité, elle entraîne une diminution de vigueur et d'activité difficile à déterminer, mais telle que la dépression de l'état physiologique consécutive, rend le sujet susceptible de devenir la proie de maladies constitutionnelles (zone limite de la maladie de Treves).

Parallèlement à l'état de maladie physique, on note un état de malaise connu sous le nom d'inquiétude industrielle (instabilité, irritation, plus grand roulement de la main-d'œuvre), dont la relation avec la fatigue a été enregistrée dans de nombreux rapports officiels, anglais notamment.

L'utilisation de la morbidité comme test de fatigue collective implique que celle-ci varie avec la fatigue et que les résultats obtenus sont d'interprétation facile. Si les relations théoriques entre la fatigue et la maladie sont indéniables, il n'apparaît pas toutefois que celle-ci puisse

se traduire dans les statistiques de morbidité professionnelle.

La mesure de la fatigue par les tests de morbidité s'effectue, en somme, par une exagération de son état, d'où ambiguïté, la maladie et la fatigue étant liées à un double rapport de cause et d'effet, agissant toutes deux comme facteurs parallèles sur le fonctionnement normal de l'individu, et faisant partie d'un cercle vicieux fermé sur lui-même, sans qu'il soit toujours possible d'ouvrir le circuit.

La morbidité ne dépend pas d'ailleurs seulement de la fatigue soit directement soit indirectement, mais aussi d'autres facteurs physiologiques, pathologiques ou psychologiques, dont certains sont extérieurs au travail (constitution individuelle, héréditaire ou acquise, conditions d'hygiène, de vie de l'ouvrier en dehors de l'usine, misère, privations, alcoolisme, résistance individuelle, physiologique ou psychique). Parmi les facteurs du travail, il est parfois difficile de distinguer les troubles dus au surmenage et à l'activité, de ceux dus aux conditions de milieu (éclairage, chauffage, ventilation), ou aux conditions de travail (poussières, produits toxiques, infections bactériennes dans le triage de la laine par exemple). En fait, les maladies professionnelles sont dues à autre chose que la fatigue (Vernon).

Enfin, alors que les effets de la fatigue sur le rendement et les accidents sont immédiats, leur action sur la santé ne se montre pas nécessairement d'emblée, et peut être retardée pendant des semaines, des mois ou des années, ce qui complique le problème. De plus, sans être une cause directe de maladie, la fatigue peut être une cause prédisposante (Meillière).

Si le principe même de la morbidité est sujet à caution comme indice de fatigue, les difficultés inhérentes à l'établissement et à l'examen des statistiques de morbidité viennent apporter des restrictions pratiques de première importance. Il ne semble pas, en effet, que la morbidité en elle-même se traduise exactement dans les taux de morbidité, tels qu'ils apparaissent dans les diverses statistiques, qui sont d'une part les statistiques d'usines et

d'autre part celles des caisses d'assurance, des caisses de mutualité, etc...

Dans les statistiques d'usine, la morbidité apparaît comme une cause de temps perdu, le temps perdu étant constitué par un horaire au cours duquel le travail qui aurait pu l'être n'a pas été effectué.

Disons à ce propos que les statistiques de *temps perdu* ont été également utilisées comme test de fatigue. Elles ne nous semblent différer des statistiques de morbidité que par un facteur de qualité, l'absence du facteur pathologique de maladie. Aussi la critique paraît-elle pouvoir être esquissée au cours du test de morbidité.

Schématiquement, le temps perdu se classe en temps perdu inévitable (involontaire), et en temps perdu évitable (volontaire), dû à l'absence de l'atelier avec ou sans permission de la direction, pour ou sans raison plausible. Les pertes de temps au cours du travail rentrent dans cette dernière catégorie et peuvent traduire, sous certaines conditions, l'état de fatigue dans la mesure où ces différents phénomènes traduisent la réaction consciente ou inconsciente de l'individu devant la fatigue. Dans le temps perdu inévitable, se classe celui dû aux maladies et aux accidents. C'est donc dans cette catégorie qu'il faut faire entrer, également, le temps perdu à l'usine par suite de l'organisation ou des conditions de travail (arrêt de force motrice, accident de machine, arrêt d'arrivée de matières premières, conditions de temps dans les travaux effectués à l'air libre, influence néfaste des heures supplémentaires, mécontentement au sujet des conditions de travail), ainsi que toutes les causes de temps perdu relatives aux conditions extérieures à l'usine (conditions de logement et de transit, soucis domestiques), etc. Tout ce qu'un essai de classification peut avoir de factice et de complexe apparaît si l'on remarque que ce sont là des causes inévitables si on se place au point de vue de l'ouvrier, évitables en partie toutefois par une meilleure organisation.

Malheureusement, les deux catégories ne sont pas souvent distinguées, et il est difficile alors de faire le dépar-

tage nécessaire. On admet toutefois que le temps perdu involontaire est en raison inverse du temps perdu volontaire, sauf dans le cas de travail stéréotypé, où les deux pertes marchent parallèlement.

Si l'on utilise le temps perdu comme test de fatigue, il faut considérer le temps perdu évitable, mais les causes d'ambiguïté, c'est-à-dire les variations en dehors de la fatigue, sont très nombreuses. Quelques types de travailleurs, par exemple, perdent généralement plus de temps par absence que d'autres. Le ralentissement dans le travail dépend principalement du niveau de discipline maintenu dans l'usine. Les conditions de transport du domicile de l'ouvrier à l'usine viennent jouer quelquefois un rôle important. Il faut tenir compte également, dans l'examen du test du temps perdu (test qui double, en partie et à un autre point de vue, celui du rendement), de tous les facteurs d'excitation au travail. C'est ainsi que des taux spéciaux de paiement à des périodes spéciales peuvent maintenir une assiduité plus élevée, en comparaison de celle des autres périodes. Le désir de loisirs ou d'autres facteurs sociaux, peuvent jouer. C'est ainsi qu'après la paye, par exemple, on constate une moyenne assez élevée d'absences, les travailleurs n'ayant pas de responsabilité familiale désirant dépenser leur salaire. Lorsque l'urgence d'un travail varie, la proportion de temps perdu varie inversement, indépendamment de toute diminution de la capacité de travail, etc. (S. Florence).

Remarquons, de plus, que si le temps perdu involontaire est dû à de nombreuses causes indépendantes de la fatigue (interruption de force motrice, arrêt de machines par rupture de pièces ou autres causes), il arrive parfois que certains accidents des machines traduisent une diminution de l'attention de ceux qui sont chargés de les surveiller et que le temps perdu qui s'y rapporte doit mesurer par conséquent en partie la fatigue.

L'examen des données statistiques présente des difficultés. Le terme temps perdu est à signification assez vague, variant selon les différentes industries, parfois d'année en année (Vernon). Pour que sa détermination

ait une valeur, il faut qu'elle soit un rapport et non pas un chiffre absolu. Il faut tenir compte du nombre des heures de travail, des heures supplémentaires. Différents procédés de détermination et d'énumération ont été établis (S. Florence) dans ce but. La signification exacte de la proportion du temps perdu par absence, à la totalité du temps de travail, diffère selon les usines, ce qui fait que les chiffres ne sont pas directement comparables. La méthode la plus simple consiste à établir le nombre total des heures pendant lesquelles on aurait pu travailler et le nombre total perdu. Le chiffre brut ainsi obtenu donnerait l'indice de fatigue. On peut encore faire le départ entre les temps perdus inévitable et évitable. On peut encore grouper le temps perdu selon la longueur des périodes, fraction de la journée, totalité de la journée ou périodes de temps plus longues. Une autre méthode d'étude consiste à examiner la distribution selon les jours de la semaine. Une distribution régulière jour par jour répétée pendant une longue période de temps indique que ce sont les conditions de travail qui jouent un rôle et non pas les conditions extérieures.

Les études de temps perdu doivent porter sur de longues périodes de temps, ce qui n'élimine toutefois pas la difficulté de sa détermination.

D'autre part, si cette détermination exacte est obtenue, il n'est pas possible d'assigner à la morbidité ce qui lui revient.

Si les statistiques de morbidité font corps avec les statistiques de temps perdu, il ne faut considérer que le temps perdu inévitable. Mais les causes d'erreur sont nombreuses. Remarquons tout d'abord que dans le temps perdu évitable (démarrage et fin du travail, au cours du travail, par prise de repos; arrivées en retard; ralentissement de la vitesse d'exécution du travail; absences), il peut y avoir des portions dues à la fatigue. Un travailleur peut ne pas être porté sur la liste de malades, mais rester absent pour cause de fatigue. Inversement, la totalité des maladies enregistrées n'est pas, pour des raisons variées, souvent mise en évidence par les certificats médi-

caux, ni par les chiffres des statistiques de temps perdu. D'autre part, dans certains cas, les certificats médicaux ne sont pas satisfaisants, parce qu'ils sont délivrés trop facilement. On peut dire qu'en général tous les procès-verbaux, ou la plupart d'entre eux, sous-estiment dans une grande mesure le temps perdu pour maladies et autres causes inévitables, alors qu'ils sur-estiment, d'autre part, celui dû à la paresse, à la lassitude ou aux négligences volontaires (Loveday).

Ce qui complique les relations du temps perdu avec la morbidité et la fatigue, c'est qu'il y a des facteurs qui dépendent de l'ouvrier et qui peuvent traduire un certain état de lassitude, sans qu'il soit toujours facile de le déterminer ou d'en avoir conscience.

En dehors de cette forme d'enregistrement, la morbidité industrielle est encore inscrite dans les procès-verbaux des unions syndicales, des caisses, des mutuelles, les statistiques officielles de morbidité et de mortalité, les statistiques de fluctuation du personnel, etc...

Ces différents types d'enregistrement, liés les uns aux autres, peuvent servir de contrôle mutuel. C'est ainsi qu'un employé peut définitivement quitter une usine sans annoncer son intention, et être enregistré pendant les deux ou trois premières semaines comme absent (facteur de temps perdu), au lieu d'être rayé des cadres (facteur de roulement de main-d'œuvre). On voit donc que la proportion des absences et du taux de roulement de la main-d'œuvre dépend de la période qui s'écoule avant que le personnel ne soit rayé des listes de salaires.

Les procès-verbaux officiels de morbidité des caisses d'assurance-maladie montrent un certain nombre d'ambiguïtés, dues à l'organisation même des caisses. On se base généralement sur les chiffres des primes payées pour pouvoir établir les taux de maladie. Ces chiffres peuvent diverger du taux réel de maladie pour un certain nombre de causes. Les demandes de primes sont, par exemple, dans certains cas, en partie dictées par la balance entre le désir de travail et le repos. Les conditions économiques et

sociologiques du travail jouent à ce point de vue un rôle important. Les cessions de secours peuvent varier selon les standards adoptés par les différentes administrations.

Selon le recrutement des assurés, recrutement qui dépend quelquefois des conditions locales, — les caisses peuvent accuser de forts chiffres de morbidité.

Il est intéressant de signaler que l'Industrial Fatigue Research Board (Londres) a renoncé à étudier les statistiques de morbidité du passé, les jugeant inutilisables comme tests de fatigue, mais qu'il espère pouvoir établir et faire établir des statistiques selon un système déterminé, permettant de les utiliser efficacement, quand un nombre assez grand de données aura été accumulé.

En résumé, la valeur de la morbidité professionnelle comme test de fatigue est infirmée, parce qu'elle ne varie pas exclusivement avec la fatigue, mais avec d'autres facteurs parfois inhérents au travail, quelquefois extérieurs à lui. Les statistiques de morbidité d'usine sont en définitive des statistiques de temps perdu, où il est difficile de déterminer ce qui appartient à la morbidité vraie.

En lui-même, d'ailleurs, le temps perdu n'est pas un bon terme de fatigue (imprécision du terme et de son enregistrement, multitude de ses causes).

Si on s'adresse, d'autre part, aux statistiques de morbidité des caisses d'assurance et autres, les ambiguïtés deviennent telles qu'elles sont inutilisables.

Enfin, en admettant que l'on puisse obtenir des résultats adéquats, l'étude de la morbidité doit porter sur de trop longues périodes de temps, ce qui invalide son utilisation pratique.

Nous signalons simplement pour mémoire l'utilisation que l'on a voulu faire en Amérique et en Angleterre surtout des tables de *mortalité*, pour l'étude de la fatigue industrielle et plus spécialement de l'influence des conditions du travail. S'il y a longtemps que l'on sait que la mortalité est plus élevée dans les classes pauvres que dans les classes riches (Benoiston de Chateauneuf, Casper,

Bertillon, Koeresi, Fodor, Dupéchaux, de Villière, Villerme, Marmisse, Polack, Varlez, Sachnine), les rapports entre la mortalité et les professions ont été mis en évidence par de nombreux auteurs (Layet, Kocks, Oldendorff, Kummer, Sviatlowsky, Spaski, Duchesne, Wörishoffer, Herkner, Philipovitch, Roth, Sachnine; statistiques britanniques du Registrar General, statistiques des unions des chemins de fer allemands, etc.). Mais ces travaux ne visent que la détermination de la salubrité ou de l'insalubrité des professions et les relations avec la fatigue même du travail paraissent trop lointaines (influences de causes diverses : alimentation, boisson, etc.).

De plus, l'établissement de conclusions solides nécessite la comparaison avec une table de mortalité étalon, indiquant si les décès ont lieu prématurément, et avec une table de fréquence pour qu'il soit établi si le nombre des décès est inférieur ou supérieur à la fréquence des décès de la population. D'autre part, la fatigue industrielle étant sous la dépendance de la somme de travail fournie et de l'alimentation, la mortalité doit être rapportée, soit au prix des aliments de première nécessité, soit au nombre d'heures de travail nécessaires pour réaliser l'achat de l'unité de poids de ces aliments. La mortalité est d'autant plus élevée, que le prix de ces heures de travail est plus élevé (Imbert, Niceforo).

En fait, tant que les physiologistes n'auront pas mieux déterminé les effets de la fatigue accumulée sur la production des maladies spécifiques, cette comparaison ne peut avoir grande signification. Car à l'heure actuelle il n'y a pas de relations définies établies entre la mortalité et les professions (Dürig).

On a essayé de tirer des conclusions sur la valeur militaires des ouvriers selon la nocuité des professions, mais sans résultat (Imbert, Schuler, Ascher, Fischer, Kent).

TEST DE LA CONSOMMATION DE FORCE MOTRICE

Le test de consommation de force motrice s'emploie seul ou mieux, associé au test de rendement (dont il est une

méthode indirecte de calcul) ou au test des accidents, pour contrôler les données établies par ces derniers, et mettre en relief certains phénomènes qu'ils auraient peut-être été en peine de déceler. Il consiste à établir les courbes des variations horaires, quotidiennes ou autres, de la consommation d'énergie dont la diminution est considérée comme un indice de diminution de rendement, et par conséquent de la fatigue du personnel (Abbé, Roth, Vernon).

C'est un standard de mesure parfaitement objectif, qui élimine toute influence de l'observateur sur le travail ouvrier (Vernon), ce qui donne des unités de mesure parfaitement déterminées. Il offre un index mécanique des variations du rendement, plus spécialement pour ce qui concerne le temps perdu pour la mise en train et l'arrêt du travail. Dans la mesure où des corrections nécessaires pour le temps perdu dans les tests d'accident, de rendement et de morbidité sont inévitables, il est d'une utilité connexe évidente.

Mais un certain nombre de critiques viennent en restreindre l'emploi. Tout d'abord, toutes les influences qui jouent sur les résultats directs du rendement et qui tendent à faire diverger des résultats de la capacité réelle de travail et de l'influence de la fatigue, jouent également pour les tracés de consommation d'énergie. Comme pour le rendement, il doit y avoir constance du type des travailleurs, constance de l'excitant au travail, de la préparation et de l'exécution du travail (S. Florence).

D'autres facteurs particuliers interviennent. D'abord, la consommation d'énergie ne mesure que le rendement de la machine, qui ne constitue qu'une fraction variable, selon les opérations, de l'énergie productrice du travail total (énergie mécanique et énergie humaine).

L'énergie consommée ne sert pas en totalité à l'exécution du travail. De plus, les machines peuvent tourner sans que l'ouvrier travaille. Une partie de l'énergie est consommée en pure perte, ou pour l'éclairage, la ventilation, d'autres usages, etc... Si l'on note que les énergies servant à l'éclairage et à la ventilation dépendent des

conditions extérieures, on voit toute la complication du problème. Dans certains cas, toutefois, il est assez facile de mesurer la part qui revient à ces utilisations particulières, surtout lorsque la force utilisée est l'électricité.

L'application du test se réduit à un trop petit nombre d'opérations. Les processus qui peuvent être le mieux mesurés sont ceux où machines et moteur humain se combinent pour déterminer la vitesse d'opération (travaux semi-automatiques) et encore, dans le cas où la fatigue du travailleur influe sur la vitesse de la machine. Le test s'applique beaucoup mieux quand la machinerie a son propre maître, c'est-à-dire quand par machine un ouvrier règle l'utilisation de la force, que lorsque l'énergie est fournie par un système central et par distribution (Florence, Ryan). Aussi, cette méthode est-elle complètement inutilisable dans le cas où la vitesse d'opération est déterminée entièrement par des forces mécaniques qui obligent le travailleur à fonctionner à une vitesse déterminée. Inversement, ce test ne peut être utilisé dans une usine qui dépasse un certain pourcentage de main-d'œuvre humaine, parce qu'alors la part purement mécanique devient trop infime et le facteur humain proprement dit doit être mesuré par d'autres moyens.

Si, dans des cas particuliers, la consommation d'énergie peut fournir des indications sur la fatigue, à mesure que l'on s'éloigne davantage de l'expression directe des variations de la capacité de travail, les corrélations sont si vastes et si larges (consommation et rendement, rendement et fatigue), qu'elles apparaissent difficilement valables, exigeant en outre trop de précautions pour les mesurer. Il ne semble pas, en définitive, que ce test puisse être employé seul. Il doit servir surtout à doubler les tests de rendement et d'accident.

TEST DES MALFAÇONS

Le test des malfaçons ou la mesure du travail de rebut vise à la mesure de la fatigue par les variations dans

l'exactitude et la qualité du rendement. En effet, une diminution de la valeur fonctionnelle de la capacité de travail entraîne une augmentation des erreurs qui se traduit par le nombre de déchets de la production totale. Ce test double celui du rendement et celui des accidents, les malfaçons traduisant les effets sur le travail du manque de coordination musculaire et de l'inaptitude du pouvoir de concentration. Utilisé par de nombreux auteurs (Pieraccini, Linck, Kennely, Vernon), ce test montre que la proportion des malfaçons augmente avec la durée du travail. Il est un instrument de mesure plus sensible que celui du rendement, car la qualité du travail est généralement influencée avant sa quantité.

Mais toutes les causes de variations autres que la fatigue déjà signalées au test des accidents interviennent (critiques de fond).

Les critiques de fait tiennent à la difficulté de détermination et d'enregistrement adéquat de la malfaçon. La quantité du travail de rebut est matière de degré et souvent d'opinion. Il n'y a pas de standard uniforme : la qualité produite peut être répartie dans des classes très brutes, dont le niveau peut varier avec les différents vérificateurs, et même avec l'état d'esprit d'un même vérificateur. Cette objection disparaît en partie quand la détermination du rebut se fait au moyen de gabarits.

Ces conditions limitent d'ailleurs l'emploi du test à un petit nombre d'opérations (processus de répétition sur petits articles).

En dehors des malfaçons, d'autres variétés de mesure ont pu être utilisées sous le titre général de « qualité de travail », dans le cas d'opérations dont le rendement n'est pas mesurable ou exprimable directement.

L'étude de la vigilance dans la surveillance des machines, dont le défaut entraîne parfois des accidents de machines et des interruptions de travail, a montré une diminution dans le courant de l'après-midi, par rapport au matin. La variation des conditions techniques a été examinée par Vernon, qui a étudié la fatigue des ouvriers de la fabrication du gaz dans les hauts-fourneaux, en dé-

terminant par analyse les proportions d'acide carbonique dans le gaz, et en assumant que la fatigue entraîne une diminution de l'attention et par conséquent une diminution de la qualité du gaz fabriqué. Il n'a d'ailleurs trouvé aucune indication pratique.

Le nombre et la durée des pauses de repos prises volontairement par l'ouvrier, dans des conditions diverses (équipe de longueurs différentes), n'a pas donné non plus de grandes indications (Vernon et Farmer).

L'étude du caractère de l'effort appliqué (polissage des métaux), a montré que la pression et la durée des efforts nécessaires à des opérations déterminées augmentaient avec la fatigue (Farmer).

Mais ce sont là des tests trop dérivés. A mesure que les problèmes sont de plus en plus étendus, les corrélations sont trop lâches pour que l'on puisse formuler des conclusions définies.

TEST DU ROULEMENT DE LA MAIN-D'ŒUVRE

Si la santé d'une industrie se réfléchit pour une part dans son barème de morbidité, elle se traduit également par des variations de certains phénomènes économiques parmi lesquelles il faut placer le roulement de la main-d'œuvre ou fluctuation du personnel. Si les variations de la productivité moyenne d'un personnel stable ont toute leur importance, nous pouvons toutefois estimer avec S. Florence que le personnel stable est en définitive celui qui a résisté et qui résiste à la fatigue d'une opération particulière. Le nombre des individus qui abandonnent un emploi représente les sujets qui ne peuvent s'adapter; dans la mesure où cette adaptation dépend de la fatigue travail, le nombre obtenu serait un indice indirect global ou tout au moins un reflet de celle-ci.

Mais le roulement de la main-d'œuvre ne varie pas seulement avec la fatigue, mais aussi avec des causes physiologiques (malaises accompagnant le travail), des causes pathologiques (maladies professionnelles), des causes

physiques (conditions du milieu de travail, humidité, etc.), des causes économiques (salaires insuffisants, méthodes non satisfaisantes de paiement), des causes sociales (antipathie du contremaître ou des camarades), des causes psychologiques (répugnance pour un travail donné).

Le roulement de la main-d'œuvre est un facteur de détermination et d'expression numérique excessivement difficile. Pour donner une indication valable, il doit être non pas un chiffre absolu, mais encore un rapport, dont les formules varient selon que les fluctuations de main-d'œuvre s'accroissent ou diminuent au bout de la période de temps considérée, et selon l'effectif du personnel engagé (S. Florence). De plus, il ne faut pas tenir compte simplement du départ, il faut pouvoir établir aussi le temps au bout duquel ce départ s'effectue.

CRITIQUES GÉNÉRALES DES TESTS INDUSTRIELS

Les tests que nous venons d'examiner sont passibles de critiques de principe et de fait. Les données statistiques pour être une bonne mesure de la fatigue doivent réaliser trois conditions : être divisibles en unités de qualité uniforme permettant une énumération quantitative; exprimer les variations de la capacité de travail et par conséquent de la fatigue; être sensibles et suivre exactement les dites variations. Or, nous avons vu que les facteurs perturbateurs sont extrêmement nombreux, sans qu'il soit toujours possible de les isoler et de déterminer leur valeur relative.

Les seuls tests qui paraissent le plus directement liés aux variations de la capacité de travail et à la fatigue sont les tests de rendement et d'accidents, accessoirement celui de la consommation d'énergie. Pour ce qui est de la morbidité, les relations sont déjà beaucoup plus vagues. Les tests de la malfaçon et du roulement de la main-d'œuvre sont influencés par trop de variables en dehors du travail proprement dit pour qu'on puisse espérer y trouver une indication de la fatigue du travail qui, elle-même,

n'est qu'une part minime quant au fond, de toutes les conditions du travail qui jouent sur la manière d'être de l'individu.

Dans leurs principes, les tests industriels de fatigue sont des tests statistiques, c'est-à-dire utilisant une méthode de mise en corrélation avec l'état de fatigue des expressions que l'on considère comme caractéristiques des variations de la capacité de travail en qualité et en quantité. L'obtention de résultats pratiques (prophylaxie de la fatigue et élimination de ses causes) exige que soit établie la correspondance entre les variations représentatives de la capacité de travail et les variations des conditions de travail, longueur et intensité de l'activité, vitesse et charge du travail. La démonstration de la fatigue ne peut se faire que par corrélation de ces variations associées (S. Florence). La difficulté de ce problème particulier réside dans le fait que variations de la capacité de travail et conditions de travail dépendent d'éléments différents. Les premières se produisent spontanément ou volontairement, les secondes dépendent soit des travailleurs eux-mêmes, soit de leurs employeurs. Les conditions de travail, elles-mêmes, influencent la capacité de travail, ce qui introduit de nouvelles perturbations (S. Florence). Il est difficile de contrôler efficacement toutes les données et toutes les variables du problème. En fait, la relation directe n'est pas faite entre la fatigue et les variations des phénomènes que l'on prend comme symbole de la fatigue. C'est ainsi que si l'on établit un rapport entre le taux des heures de travail et le taux de morbidité c'est par un acte de raisonnement que le facteur fatigue vient servir de liaison entre les deux termes comparés.

La question se pose donc de savoir si la manière d'établir les corrélations entre la fatigue et les indicatifs choisis (indépendamment de toute question de fait de valeur de ces indicatifs) est assez serrée pour permettre un rapport étroit. La valeur des corrélations ne doit pas être établie seulement par leur grandeur, mais aussi par leur fréquence, ce qui doit être basé en dehors de données purement mathématiques, sur l'examen général des faits.

Si, par exemple, une corrélation n'est pas établie entre deux facteurs et qu'on ait lieu de croire que pour différentes raisons il y a lieu de mettre ces deux facteurs en rapport, il est légitime de prendre ce facteur en considération et d'accorder plus de valeur à la corrélation que cela n'aurait été fait autrement.

D'autre part, les statistiques sont établies soit par consultation des archives des entreprises (faits passés), soit par prise de données sur le champ du travail par des observateurs qualifiés. Or, les statistiques d'usines sont prises dans des buts industriels et non pas scientifiques; ce qui rend difficile d'avoir toutes les données nécessaires à l'étude de la fatigue. Des modifications effectuées, des résultats peuvent être enregistrés et d'autres ne pas l'être. C'est ainsi qu'on a pu noter des variations dans la durée du travail, et oublier totalement de noter celles apportées dans les procédés de fabrication pour cadrer avec le nouvel horaire. Ceci montre qu'une catégorie de faits attribuable à une cause déterminée, peut être rapportée à l'action de cette cause avec une autre, ou à une cause entièrement différente. Quand les statistiques sont prises par un observateur qualifié dans un but déterminé, on peut admettre qu'on élimine ou du moins qu'on réduit au minimum toute chance d'erreur. Mais quelques règles pratiques doivent être suivies : ne pas perdre de vue les problèmes exacts à résoudre dans leurs rapports avec les moyens employés pour le faire, avoir un certain sens de perspective pour garder les proportions exactes entre les différents facteurs, de première, seconde et tierce importance.

Il est difficile de noter, d'exclure, de rendre constants ou de mesurer tous les facteurs perturbateurs sur le champ du travail, comme on peut le faire au laboratoire, que ces facteurs relèvent du sujet ou non. C'est ainsi que des variations minimes (de température, courants d'air, modification d'intensité du courant électrique, etc.), peuvent ne pas être notées et invalider les résultats. Toutefois, les méthodes statistiques ne portant que sur des résultats de masse peuvent éliminer un certain nombre d'éléments perturbateurs dus au sujet examiné et à l'ob-

servateur lui-même, mais en introduisent par contre d'autres séries, dues notamment au fait que les observations doivent être effectuées pendant de longues périodes.

Il est difficile enfin de faire une comparaison entre les données obtenues dans les différentes industries, car il n'y a pas standardisation des unités prises, ni des conditions d'observations. L'Industrial Fatigue Research Board travaille actuellement à la détermination de ces standards. Enfin, si l'on arrive à certaines conclusions, on arrive moins à des déterminations spéciales qu'à l'indication de tendances générales.

Si les tests statistiques, comme les tests psycho-physiologiques, ne donnent qu'une mesure infidèle de la fatigue et de la capacité de travail, leur emploi toutefois ne saurait être négligé, car ils apportent leur contribution à l'étude des différentes causes de la fatigue industrielle.

III

CRITIQUE GÉNÉRALE DES TESTS DE FATIGUE

En rappelant les conditions pratiques auxquelles tout test de fatigue doit satisfaire, examinons brièvement si elles sont réalisées.

Les tests doivent :

1° Ne varier qu'avec la fatigue; or, nous avons vu la multitude de facteurs perturbateurs en dehors de celle-ci;

2° Etre de technique simple, ce qui n'est pas le cas de la plupart des épreuves que nous avons examinées;

3° S'appliquer à n'importe quel travail. Or, s'il est évident qu'un test de fatigue ne peut être unique pour les différentes catégories de travail industriel, à cause de la nature et de la localisation objectives différentes de la fatigue dans les différentes opérations (Vernon), l'analyse préalable des différentes professions nécessaire pour déterminer la catégorie de test la mieux adaptée, n'est pas suffisamment au point pour donner les précisions utiles;

4° Déceler la fatigue précoce : or, la plupart, de par leur principe même, ne donnent des résultats que dans la fatigue confirmée; ils ne permettent pas en particulier de déterminer le point où la fatigue cesse d'être normale pour devenir cumulative. Les tests de laboratoire aussi bien que les tests statistiques ont été surtout appliqués à la fatigue quotidienne; le dépistage et la prévention systématique de la fatigue accumulée conduisant au surmenage et finalement à l'épuisement ont été trop négligées. Cette comparaison seule aurait permis d'établir avec cha-

cun des procédés particuliers les critères de détermination.

5° Etre quantitatifs pour indiquer la dose de fatigue et qualitatifs pour déterminer sa nature. La prophylaxie de la fatigue exige la connaissance des systèmes intéressés et surmenés dans un acte donné. La détermination de l'état de fatigue n'a aucune valeur si on ne détermine pas sa toxicité et si les tests ne sont pas discriminatifs;

6° Permettre les comparaisons individuelles dans le temps et d'individus dans l'espace, être par conséquent aptes aux mesures des masses.

Aucune des épreuves proposées ne réalise ces conditions.

Si les résultats obtenus avec les tests psycho-physiologiques, comme avec les tests industriels, sont divers et peu encourageants, la raison doit en être trouvée dans les conditions du problème. La fatigue n'est pas un phénomène observable directement, ce qui oblige à établir des corrélations entre le phénomène qui demeure lui-même obscur, et les manifestations qui servent à son analyse. Tous les tests de fatigue sont indirects. Seules, les modifications du chimisme semblent entrer dans la catégorie des tests directs.

Les conditions d'établissement d'un test sont au nombre de deux, savoir ce que l'on entend par fatigue, posséder une méthode autre que l'utilisation du test proposé, pour connaître que des degrés de fatigue sont présents à des moments différents (Muscio).

La première des conditions est évidente par elle-même. Si l'on résume l'ensemble de nos connaissances sur la fatigue, rien ne peut autoriser à dire que dans l'état actuel des choses elle soit entrée dans cette partie de sécurité scientifique qui en permette la mesure.

Cela tient à diverses causes, nature du problème d'abord. La connaissance de la fatigue est à la fois intuitive et synthétique, scientifique et analytique. La connaissance intuitive de la fatigue est une connaissance de masse, elle est de l'expérience quotidienne de chacun de nous; certaines sensations internes sont mises en rapport avec la

nature, la durée et l'intensité du travail effectué, ce qui établit une corrélation entre les manifestations de l'activité et les sensations éprouvées et établit une échelle d'appréciation. Le problème paraît simple parce qu'il ne va pas au delà d'une perception immédiate, que les rapports de causalité semblent si évidents qu'une analyse approfondie apparaît inutile et superflue. Mais l'idée de mesure nécessite une connaissance scientifique analytique, qui fait apparaître le problème dans toute sa complexité, avec toutes ses causes d'erreurs. Tout d'abord, dire que quelque chose existe c'est affirmer son existence par une perception dont nous avons étudié la valeur réelle avec le sentiment de lassitude.

Dans l'étude même de la fatigue, il faut distinguer les deux problèmes différents quoique intimement liés du phénomène physiologique, et de la fatigue dans le domaine pratique, qui posent des questions différentes.

L'ensemble de nos connaissances sur la fatigue physiologique, pour si nombreuses et approfondies qu'elles soient, sont en définitive de peu d'utilisation pratique; d'autant plus que l'on connaît moins la fatigue en elle-même que ses effets et ses manifestations, souvent d'ailleurs confondues. Etat biologique, manifestations subjectives et objectives de fatigue sont pourtant trois phénomènes connexes liés théoriquement par des rapports de causalité certains, dont on n'a pas toujours établi la correspondance parallèle, les désignant tantôt comme manifestations, tantôt comme effets de la fatigue. Ce que l'on connaît le mieux encore dans la fatigue, c'est la diminution graduelle de l'efficacité de travail, mais c'est une manifestation des résultats et non pas le phénomène intime physiologique.

Les études de la physiologie de la fatigue présupposent une connaissance préalable de la physiologie du repos; or, par le fait même que fatigue et repos sont des phénomènes biologiques, alternants, il y a là des complications de l'étude.

En fait, le bilan de nos connaissances sur la fatigue est restreint, qu'il s'agisse de ses modalités (musculaire,

nerveuse, sensorielle, psychique), de son siège, de son mécanisme, de sa nature. Ce que nous connaissons d'ailleurs est purement qualitatif, et nous sommes totalement ignorants des lois quantitatives qui la gouvernent. Le problème biologique est loin d'avoir reçu une solution définitive et à l'heure actuelle on n'est pas encore sorti du domaine des hypothèses. La notion de fatigue est un concept pratique, mais n'est pas une entité scientifiquement déterminée.

Certains auteurs n'ont pas craint de l'affirmer. « La fatigue est quelque chose d'indéfini en tant qu'entité physiologique. Le mot implique par lui-même la présence d'un dommage musculaire et nerveux, mais même dans la plus simple des préparations de laboratoire, ce dommage n'a pu encore être défini. » (Drinker.) « Dans l'état actuel de nos connaissances, il est presque impossible de déterminer le siège de la fatigue, de dire quelle est la partie de l'individu qui est réellement fatiguée, et de connaître les mécanismes chimiques et physiques de cette fatigue. » (W. White.) « Nous ne pouvons, faute de moyens mécaniques, faciles, simples et sûrs, mesurer et graduer la fatigue précoce, soit de simples muscles, soit de l'ensemble du moteur humain. » (Biondi.) « La fatigue n'est pas une entité homogène concrète mesurable. » (Seashore.) « Rien ne nous autorise à transférer ce que nous connaissons de la fatigue (lois de la fatigue musculaire, par exemple), au domaine pratique de la fatigue. » (Dürig.)

A ces causes primordiales s'ajoutent les confusions dues à l'emploi de mauvaises méthodes et d'une mauvaise terminologie, soit dans l'étude de la fatigue physiologique ou de la fatigue industrielle, soit dans la détermination des tests.

La physiologie pure du phénomène a trop tendance à n'étudier que la fatigue des diverses fonctions et organes comme s'ils étaient autonomes, en oubliant que l'être humain est un tout et que dans l'économie les fonctions sont étroitement dépendantes les unes des autres. Si l'analyse est nécessaire pour aborder le problème avec fruit, la fragmentation en parties plus ou moins distinctes

exige un travail de synthèse parallèle qui n'a pas toujours été fait.

La fatigue sur le champ du travail peut être considérée soit comme un produit du travail, soit comme un test d'efficacité de son accomplissement., ce qui pose des questions différentes souvent confondues.

De plus, l'ambiguïté et la confusion proviennent de ce que les études n'ont pas toujours été entreprises par des chercheurs ayant les compétences techniques nécessaires : emploi non critique de termes physiologiques par des ingénieurs étrangers à ces questions ou inversement, emploi par les physiologistes de méthodes de laboratoire dans le champ industriel sans procéder à une analyse élémentaire suffisante pour déterminer leur possibilité d'application et sans tenir toujours exactement compte d'une foule de conditions auxquelles réagit l'organisme, de sorte que les mêmes manifestations objectives peuvent ne plus être des manifestations de fatigue proprement dite (rapport de cause à effet entre l'exercice d'une activité et l'état physiologique spécial engendré) étant dues pour une part à des degrés moindres, égaux ou supérieurs à d'autres facteurs. Il arrive le plus souvent que ces inter-réactions sont inséparables et que si l'intuition permet parfois de faire une démarcation grossière, la multiplicité de ces facteurs empêche de le faire dans sa totalité. L'homme de science est trop enclin à attribuer à des causes isolées et simples des phénomènes aussi complexes que le surmenage physique et nerveux que l'on rencontre de plus en plus parmi les travailleurs, à transporter dans le champ industriel les données acquises sur la fatigue au laboratoire, et à méconnaître les facteurs sociaux qui ont leur rôle dans l'effort industriel. Le monde du travail avec ses conditions spéciales est, pour beaucoup d'entre eux, une contrée fermée. L'étude au laboratoire de la fatigue industrielle, si elle permet d'isoler certains facteurs, ne reproduit pas toutes les conditions ordinaires de fatigue et, à moins que les conditions concrètes ne soient représentées en totalité, on n'est jamais sûr de ne pas avoir oublié un facteur principal (Münsterberg). Il semble, enfin, que dans

l'étude de la fatigue industrielle, certains facteurs aient été bien déterminés (rapidité d'opération, quantité de force exigée, effets de certaines conditions extérieures météorologiques), à l'exclusion d'autres complètement négligés. Cela tient d'ailleurs à ce que la liaison nécessaire n'existe pas entre les différentes recherches particulières effectuées. Il y aurait lieu de reprendre le problème et de l'étudier systématiquement; il semble toutefois que le plan général du travail soit encore en discussion. D'ailleurs, au point de vue organisation du travail, une mesure de la récupération et de la capacité de récupération serait plus utile que la détermination même de la fatigue (Dürig).

Les erreurs de méthode ont d'ailleurs été favorisées par des erreurs de terminologie. Les mots sont des instruments dangereux parfois, donnant une illusion de connaissance. Aucuns termes ne sont plus mal définis et plus vagues que ceux de fatigue et de tests de fatigue. Ils comprennent souvent des choses différentes, sans qu'il y ait toujours une analyse approfondie ou une définition exacte de leur compréhension. C'est ainsi que les tests de fatigue sont pour certains des moyens d'étude analytique ou de production expérimentale de fatigue.

Le sens du mot fatigue lui-même varie selon qu'on le considère au point de vue physiologique, industriel ou technique. Au sens physiologique même, il désigne, selon les auteurs, l'état de fatigue précoce, le surmenage, la fatigue générale, la fatigue de certains organes. Dans l'exposé même des résultats, certains auteurs emploient dans un même texte tantôt le mot fatigue tantôt le mot travail, ce qui rend difficile pour le lecteur de distinguer parmi les phénomènes signalés, ceux qui peuvent appartenir à l'adaptation de l'organisme ou ceux qui relèvent de la fatigue proprement dite. Dans l'étude de la fatigue industrielle, la plupart des ouvrages récents consacrés à la question font une opposition constante entre « efficiency » et fatigue, mots qui ne sont pas définis par eux-mêmes, et c'est en partant de ces deux entités devant lesquelles on s'agenouille que l'on attaque le problème.

On trouve une véritable logomachie, un gargarisme de formules et de phrases qui dispensent d'une détermination approfondie de la question dans certaines études pseudo-scientifiques du problème, dont le nombre a considérablement augmenté dans ces dernières années. Dans certaines la chose est frappante. C'est une exploitation sans cesse répétée, rarement même sous des formes nouvelles, d'un fonds constitué par quelques idées. La fatigue devient le bouc émissaire chargé de toutes les fautes, son élimination la panacée universelle à tous les problèmes du travail. Les travaux effectués montrent à l'analyse que, dans certains cas, sous une allure scientifique, rien de scientifique n'a été fait et rien ne pourra l'être, tant que l'étude du problème ne sera pas laissée exclusivement aux médecins et aux physiologistes.

Enfin tout test de fatigue proposé devant correspondre à la présence de degrés de fatigue différents, exige pour son étalonnage et la détermination d'une telle correspondance la connaissance de deux séries, l'une constituée par les résultats du test à des moments différents, l'autre par les différents degrés de fatigue mis en évidence à l'aide d'un procédé qui doit être autre que celui du test sous peine de bloquer les deux séries en une seule. En effet, si l'on ne connaît pas avant l'application d'un test à quel degré la fatigue est présente, le résultat obtenu par l'application du test sera dénué de toute signification (Muscio).

Il semble que jusqu'à présent cette échelle n'ait pas été effectuée. Les tests industriels, ainsi que la plupart des tests psycho-physiologistes, partent du postulat admis implicitement de l'existence de la fatigue au bout d'une certaine période de travail, et c'est parce que l'on admet l'existence de cet état non perçu par lui-même objectivement que l'on établit des corrélations entre lui et les différents phénomènes ou signes perçus dans le même moment. Si la sensation de fatigue était un phénomène sûr, elle pourrait servir à établir cette double échelle de séries corrélatives constituées, l'une par la sensation, l'autre par les manifestations objectives de fatigue. En se reportant

à la fatigue objective, le rendement au sens le plus général du mot a été utilisé comme première série corrélative. C'est, en définitive, le rendement qui est à la base de tous les tests psychologiques d'action, et de certains tests industriels, mais il ne varie pas comme la capacité de travail. En principe, on voit que la mesure de la fatigue, telle qu'elle est faite, revient à mettre en équation certains phénomènes qu'on admet représentatifs de l'état de fatigue. Or, on n'est pas sûr mathématiquement de la réalité et de la valeur de ces corrélations. Autrement dit, devant des phénomènes soit physiologiques soit de rendement ou autres, on n'est pas autorisé à affirmer la fatigue (corrélation directe), à déduire la quantité (sens de la corrélation), pas plus que dans ce dernier cas on ne peut affirmer sa nature partielle ou générale. De plus, par le fait que plusieurs phénomènes souvent concommittants peuvent servir d'indicatifs de fatigue, celle-ci est susceptible de plusieurs mesures donnant non pas des unités, mais des équivalents de fatigue.

L'établissement des deux séries nécessaires pourrait être fait si les différents tests avaient toujours été appliqués concurremment. Cela n'a été que trop rarement effectué. Les résultats des corrélations ne seraient d'ailleurs valables que si les conditions expérimentales étaient les mêmes, ce qu'il est impossible de réaliser et ce qui infirme par conséquent la valeur des concordances qui pourraient être obtenues. Les catégories de tests offrent à première vue une différence essentielle. Les tests psycho-physiologiques semblent mesurer plus exactement les effets de la fatigue chez l'individu, les tests industriels, plus indirects, traduisent la diminution de la capacité de travail et la corrélation dans ce dernier cas est double : fatigue et diminution de capacité de travail, diminution de capacité de travail et indicatif choisi. Cette corrélation étant à deux échelons offre la possibilité de deux séries superposées d'erreurs, d'autant plus que les phénomènes que l'on prend souvent comme index sont fugitifs et peu déterminés. Pour prendre une image paradoxale, il ne viendrait à personne l'idée d'établir une courbe de la hauteur du soleil dans le ciel

d'après la luminosité du sol. C'est pourtant en définitive ce que l'on fait quand l'on parle de mesure de la fatigue.

Cette longue étude nous conduit à cette conclusion paradoxale que la fatigue, qui est un état biologique essentiel et primordial, puisqu'il entraîne l'arrêt de l'activité, dangereux puisqu'il peut conduire à des troubles de la santé, toujours présent puisque ses effets sont perceptibles, soit pour l'individu soit pour son entourage, ne peut être encore décelé ni dosé scientifiquement.

Or, tant que l'on n'aura pas trouvé de méthodes applicables et adéquates de mesure chez l'individu, le problème de la fatigue en tant que science exacte restera dans un stade peu satisfaisant. Pour l'heure, les conclusions que l'on peut formuler, quant à la présence et au degré d'un état de fatigue, ne peuvent être qu'un sujet de déduction indirecte plutôt que de démonstration objective, qu'un acte d'adhésion de la pensée plutôt qu'une preuve mathématique.

IV

CONCLUSIONS

La fatigue est un facteur chaque jour plus important dans l'organisation scientifique du travail; sa prophylaxie, son utilisation comme moyen de connaissance du coût physiologique des divers travaux, sont parmi les questions primordiales à résoudre. Elles ne peuvent l'être que si nous possédons des moyens de mesure précis et pratiques.

Le problème de la mesure de la fatigue qui, à l'examen intuitif et synthétique paraît simple, révèle toute sa complexité si l'on passe à l'examen scientifique analytique.

Notamment, fatigue individuelle et fatigue industrielle apparaissent comme posant des problèmes différents de nature, de causes et d'effets.

Dans les deux catégories de fatigue, ce qu'il importe avant tout de déceler, c'est, non pas la fatigue confirmée, mais la fatigue précoce en deçà de la zone d'alarme.

Tout test de fatigue doit satisfaire aux conditions théoriques et pratiques suivantes : fournir des résultats qui ne varient qu'avec la fatigue; être de technique simple; déterminer dans chaque cas particulier les systèmes physiologiques intéressés; être quantitatif et qualitatif et permettre les comparaisons individuelles dans le temps et dans l'espace.

Il ne semble pas que parmi les moyens de mesure proposés nous soyons en possession d'un test de fatigue efficace.

* * *

Dans le diagnostic de la fatigue individuelle, la sensation de fatigue ne peut être utilisée parce qu'elle ne varie

pas comme la fatigue physiologique, ne présente pas d'équivalent objectif et est incontrôlable.

Une expression caractéristique de fatigue n'est pas trouvée davantage dans les signes objectifs constitués par les phénomènes relevant de l'état physiologique de l'organisme ou de son fonctionnement.

Les tests fondés sur l'examen de l'état de l'organisme qui paraissent pourtant être les plus appropriés sont à l'heure actuelle de technique beaucoup trop compliquée et d'autre part la connaissance quantitative des phénomènes dont ils relèvent n'est pas assez avancée pour établir des corrélations certaines.

Quant aux tests d'exploration fonctionnelle, en dehors de toute cause d'erreur, ils n'échappent pas au domaine de la volonté du sujet auxquels ils s'appliquent, ce qui suffit à en invalider les résultats. D'autre part, l'incertitude où nous sommes des lois de la variabilité de la fatigue, des relations entre elles des diverses fatigues, des rapports entre la capacité d'action et la capacité d'effort permet tout au plus de parler de coïncidences et non de corrélation scientifiquement déterminée.

En définitive, les tests psycho-physiologiques, s'ils s'appliquent bien à l'individu, s'ils sont immédiats, sont influencés par trop de variables et ne semblent d'ailleurs donner de résultats que dans les cas de fatigue avancée.

* * *

Dans le diagnostic de la fatigue industrielle, les effets de la fatigue sur le travail (rendement, consommation d'énergie, malfaçon, temps perdu) ou sur l'individu (accidents, maladies) constituent les tests statistiques ou industriels qui visent surtout à la détermination du coefficient de fatigue des diverses industries et professions.

Le rendement varie sous l'influence de divers facteurs physiologiques et psychologiques si bien que ses corrélations avec la fatigue sont de ce fait dissimulées et perturbées.

Quant aux autres tests statistiques (morbidité, acci-

dents, etc.), trop de facteurs viennent dissimuler l'influence de la fatigue pour que les corrélations soient directement valables.

Dans leur ensemble d'ailleurs, les tests industriels ne donnent que des renseignements de masse portant sur de longues périodes, ce qui infirme leur utilisation pratique d'autant plus que l'élaboration statistique des résultats est en elle-même une source d'erreurs.

* * *

Si en définitive les deux catégories de tests individuels et industriels ne semblent pas donner les indications demandées ni satisfaire aux conditions exigées, cela tient à des conditions expérimentales ainsi qu'à des conditions théoriques imposées par l'état de nos connaissances sur la fatigue, les méthodes employées et le manque de séries corrélatives de mesure permettant l'étalonnage des tests.

Toutefois, l'une et l'autre catégorie, si elles ne peuvent être des moyens de mesure de la fatigue, sont des moyens d'étude dont la valeur ne saurait être niée, permettant d'établir l'importance de certaines causes et de certains effets de la fatigue et de donner des directives scientifiques pour l'organisation du travail humain.

Vu : le Président de la thèse,
LÉON BERNARD

Vu : Le Doyen,
ROGER

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de Paris
APPELL

BIBLIOGRAPHIE

(Ouvrages consultés)

Abelsdorff (W.). — Der Altersaufbau der gewerblichen Lohnarbeiter in eineigen Industriestaaten. *Schr. des III^e Kong. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914; Wien, Hölder, 1918.

Achard, Binet (L.) et Lange (G.). — Modifications de la ventilation pulmonaire pendant et après la marche chez l'homme normal et chez le malade. Ac. de Méd. de Paris, 19 janv. 1922.

Agostini (P.). — Ricerche ortodiagrafiche e radiografiche sulle modificazioni di grandezza del cuore in rapporto alla fatica. *Bol. de Soc. med. Chir. di Pavia,* Sed. d., 30 Apr. 1909.

Aiello (G.). — Azoto incoagulabile del sangue e lavoro muscolare. *Il Lavoro,* anno XIV., n° 8, 31 agosto 1923. Milano.

— Fatica e sistema nervoso vegetativo. Società lombarda di Scienze mediche e biologiche. Sed. del., 22 giug. 1923. Milano. *Il policlinico,* an. 30, fasc. 38.

Albertoni, Tullio. — Il ricambio materiale nello strapazzo. *I° Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Milano, 1906.

Amar (J.). — Inventaire des faits acquis dans l'étude physiologique du travail professionnel. *Bul. de l'Insp. du Trav.* 1914, n^os 1 et 2. Paris.

— Le moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel. Paris, 1914, 2^e édit. rev. et augm. Ed. Dunod, Paris, 1923.

— Organisation physiologique du travail. Paris, Dunod et Pinat, 1917.

Amati. — I cloruri del sangue e dei muscoli nella fatica. *Il Lavoro.*, 30 set. 1920.

Andrews (R. E.). — Value of comparative records in industry. *The Nation' s health.* June 15, 1922.

Aubel (H.). — Vergleichende Ermüdungsmessungen mit einer psychophysischen Methode der Augenmassprüfung. Ein Beitrag zu den Messmethoden der Ermüdung. *Zeitschr. f. Hyg. u. Infektskrh.* Bd. 96, n° 3, 317-336.

Azzi-Azzo. — Acetonuria da fatica durante l'allenamento. *Il Lavoro.*, nov. 1920.

Bäuer (J.). — Der jetzige Stand der Lehre von der Ermüdung und deren Beseitigung. *Deutsche Med. Woch.*, n° 24, 30 Juni, 1922. Berlin.

Baumberger (J. P.). — Working capacity, and the effect of alternating occupations on output. *J. of. ind. Hyg.*, vol. V, n° 7, novembre 1923.

Bedford. — The ideal work curve. *J. of. ind. Hyg.*, vol. IV, n° 6, oct. 1922.

Behague (P.) et Beyne (J.). — Etude des temps de réactions psychomotrices tactiles chez l'homme normal. Ac. des Sc. Séance du 8 mai 1922. Paris.

— Contribution à l'étude des temps de réactions psychomotrices. *Gaz des Hôp.*, 6 et 8 juin 1922.

Bertolotti (M.). — Il volume del cuore nello sforzo e nella fatica. *Atti. del III^e Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Torino, 1911.

Bernays (M.). — Die Arbeitskurve weiblicher Industriearbeiter. *Schr. des III^e int. Kong. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914 ; Wien, Hölder, 1918.

Beyne (J.). — Appareillage pour la mesure pratique et précise des réactions psychomotrices chez l'homme. I^er Cong. int. de la Nav. aér. Paris, 15-25 nov. 1921.

Billard. — La courbe oscillométrique. *Jour. méd. fr.*, sept. 1919.

Binet (A.). — L'esthésiométrie. *An. Psych.*, 1905, II.

Binet (L.). — Le travail et le tremblement. *Rev. gén. des Sc.*, 15 avr. 1918.

— Recherches sur le tremblement. Thèse méd. Paris, 1918.

Binet et Courtier. — Effets du travail intellectuel sur la circulation capillaire. *An. Psych.*, 1897.

Binet et Vaschide. — Pression artérielle et travail physique. *An. Psych.*, 1895.

— Influence du travail intellectuel, des émotions et du travail physique sur la pression du sang. *An. Psych.*, 1897.

— Examen critique de l'ergographe de Mosso. *An. Psych.*, t. IV, 1898.

Biondi (C.). — Il sistema Taylor dal punto di vista della fisiopatologia del lavoro. *I problemi del lavoro.*, an. IV, sér. 2, n° 10, dic. 1921. Firenze.

Boeri (G.). — Ricerche e considerazioni sulla stanchezza e sul riposo nei cosidetti normali e negli astenici. *Schr. des III^e int. Kong. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914 ; Hölder, 1918.

Boigey (M.). — Mesures du temps de réaction à une excitation donnée. *La Nature*, 1921.

— Dosage de l'exercice physique par la mesure de l'acide carbonique émis. *Pres. méd.*, n° 57, 19 juil. 1922. Paris.

— Manuel scientifique d'éducation physique. Paris, 1923.

— Les échanges respiratoires pendant le travail musculaire. Rapport présenté au Cong. nat. d'éduc. phys., 23-26 sept. 1923. Bordeaux.

Brezina (E.). — Untersuchungen über die Wirkung des Alkohols auf den ermüdeten Organismus. *Schr. des III^e int. Kong. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914 ; Wien. Hoelder., 1918.

Briggs (H.). — Fitness and breathing during exertion. *Jour. physiol.*, sept. 5, 1919, 53, n^os 1 et 2.

— Physical work and the human machine. *Engin. and ind. manag.* 22 sept. 1921. London.

British Association for the Advancement of Science. — The question of Fatigue from the economic standpoint. Inter. Rep. of the committee. Manchester, 1915 (contient bibliographie).

— The question of Fatigue from the economic standpoint. Sec. inter. Rep. of the committee. Newcastle, 1916.

Broca (A.). — Ergométrie. Diction. physiol. Ch. Richet, t. V, 1902.

— Mesure des temps de réaction d'équilibration chez les aviateurs. *Bul. de la Direction des Recherches et des Inventions*, n° 1, nov. 1919.

Broun (G. O.). — Blood destruction during Exercise. I Blood changes occuring in the course of a single day of Exercise. *Jour. of Exper. med.*, vol. 36, n° 5, 1922.

— Blood destruction during Exercise. II. Demonstration of blood Destruction in Animals exercised after prolonged confinement. *Jour. of Exper. Med.*, vol. 37, n° 1, 1923.

— Blood Destruction during Exercise. III. Exercise a a bone narrow stimulus. *Jour. of Exper. Med.* vol. 37, n° 2, 1923.

— Blood destruction during Exercise, IV The development of Equilibrium between blood destruction and regeneration after a period of Training. *Jour. of Exper. med.*, vol. 37, n° 2, 1923.

Brundage, Dean (K.). — Sickness among office Workers ; a year's experience of a large manufacturing company which recorded the number of hours in account of sickness and accident. *Public, health. Rep.*, vol., 37, n° 10, 1922.

Bruns (O.). — Untersuchungen über Herzgrœsse, Blutdruck and Puls. vor, wæhrend und nach kurzdauernder intensiver kœrperlicher Arbeit. *Munch. med. Woch.*, 1921, vol. 68.

Bruns und Rœmer. — Einfluss angestrengter kœrperlicher Arbeit auf Radiographische Herzgrœsse, Blutdruck and Puls. *Zeitschr. f. Klin. med.*, n^os 1 et 3, 1922.

Bureau international du Travail. — Bibliographie d'hygiène industrielle (ouvrages cités sous la rubrique « Fatique »).

Burkard (O.). — Uber die Veræderungen des neutrophilen Blutbildes unter dem Einflüsse der Ermüdung. *Schr. des III^e Kong. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914. Wien, Hœlder, 1918.

Cannon. — Bodily changes in pain, hunger, fear and rage. New-York, Appleton, 1915.

Carito (D.). — Le nevrastenia da lavoro. *Atti del IV^e Cong. naz. per le mallatie del lavoro.* Roma, 1913.

Carpentieri (T.). — Alcune proprieta fisico chimiche e biologiche del sangue degli animali affaticati. *Atti del IV° Cong. naz. per le malattie del lavoro*. Roma, 1913.

Casarini. — Il decorso della fatica studiato in rapporto all' ergografia toracica e brachiale.

Cathcart (E. P.). — Efficiency of Man and the Factors which influence it. *The Lancet*, 9 sept. 1922, p. 547-551. London.

Cathcart (E.), Bedale (E.) and Mac Callum (G.). — Studies in muscle Activity. I. Static Effort. *Jour. of Physiol*. March, 1923. London.

Cathcart (E. P.) and Stevenson (A. G). — Energy expenditure in man. the cost of negative, positive, and static work. *Jour. of the royal army med corps*, vol. 38, n° 1, 1922.

Cesa-Bianchi. — La lesioni del miocardio nella fatica grave. *Il lavoro*, ann. IV, 1911.

Chailley-Bert. — Etude sur la physiologie de la marche. Thèse méd. Paris, 1921.

— La respiration et la circulation pendant l'exercice. Rapport présenté au Cong. nat. d'Educ. phys., 24-26 septembre 1923. Bordeaux.

Chaney (L.). — Causes and prevention of accidents in the iron and steel industry, 1910-1919. U. S. Bur. of the Labor Stat. n° 263. Washington, 1922.

Chlopine. — L'influence du travail intellectuel sur les fonctions physiologiques et en particulier sur les échanges respiratoires. *Gigiena Truda* (Hyg. du Trav)., n°s 3 et 4. Moscou, 1923.

Christiaens (A. G.). — L'orientation professionnelle en Belgique. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 4. Paris, 1924.

Cioffi. — Un fattore meteorologico inconsiderato nella determinazione del tono neuropsichico e nella fatica muscolare e intellettuale. *Atti del V° Cong. Naz. per la malatti del Lavoro*. Firenze, 1922.

Ciovini (M.). — Le reazioni ematologiche nella fatica gli organi a secrezione interna nella patologia del lavoro. *Schr. des III^e int. nat. Kong. Gewerbekrankh.* Wien, 1914. Wien, Hölder, 1918.

Collis (E. L.). — Industrial efficiency and fatigue. *Jour. of the royal sanitary inst.*, vol. XLI, n° 3, janvier 1921.

— The industrial clinic. London, 1920.

Collis and Grenwood. — The health of the industrial Worker. London, 1921.

Council of National Defence (U. S. A.). — Industrial Fatigue. *Welfare Series*, n° 1. Washington, 1918.

— How Industrial Fatique may be reduced. *U. S. Pub. Health Bul.* August, 1918.

Constantin et Soula. — Les variations respiratoires de la pression artérielle. *La Presse médicale*, 21 sept. 1921.

Cordonnier (D.). — Modifications des temps de réaction nerveuse au cours du travail musculaire. Thèse méd. Lille, 1921.

Crampton. — A cardio vascular rating as a measure of fatigue and Efficiency. *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, XII. 119, 1915.

Crasquin. — Modifications chimiques des liquides de l'organisme au cours du travail musculaire. Thèse méd. Montpellier, 1920.

Crespin (F.). — Etudes critiques sur l'ergographie de Mosso et de quelques-uns de ses éléments propres d'information. Thèse méd. Bordeaux, 1920.

Cruchet et Moulinier. — Le mal des aviateurs, ses causes, ses remèdes. Paris, 1920.

Dausset et Boigey. — Sur l'utilité des courbes de fatigue pour le contrôle de l'entraînement en éducation physique. *Paris médical*, 16 avril 1921.

Desmarets. — L'organisation scientifique du travail. *Rev. gén. des Sciences*, 30 octobre 1919.

Desplanque (J.). — Le problème de la réduction de la durée du travail devant le Parlement français. Paris, 1918.

Devoto (L.). — Sulla valutazione dello stato del cuore negli individuiche si applicano a mestieri faticosi. *Atti del IV^e Cong. naz. per le malattie el lavoro.* Roma, 1913.

— Malattie e infortuni da affaticamento. *Il Lavoro*, giugno, 1921.

Dodel (M. P.). — Sur les variations de forme de la courbe ergographique avec l'entraînement dans les ergogrammes en série. *La Presse médicale*, 15 mars 1922.

— Sur un dispositif permettant de supprimer le travail négatif dans le travail à l'ergographe de Mosso. Réunion biol. de Bordeaux, 4 avril 1922. *Presse méd.*, 12 avril 1922.

— Données expérimentales et critiques sur la technique et l'interprétation de l'ergographe. Thèse méd. Bordeaux, 1923.

Doniselli. — Contributi ai problemi della scuola e dell' orientamento professionnale. *Citta Milano*, sett. 1922.

Dürig (A.). — Die Ermüdung. *Schr. des III Kongr. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914. Wien, Hœlder, 1918.

Dussart. — Influence du rythme, de l'activité et de la répartition des pauses sur le rendement au cours du travail musculaire. Thèse méd. Lille, 1920.

Efimoff (V.). — Le travail et la fatigue du moteur humain. *Vosprossi Truda* (Les questions du travail), n° 1. Moscou, 1921.

— Les effets d'un travail physique fatigant sur l'organisme de l'homme. *Vosprossi Truda* (Les questions du travail), n° 2. Moscou, 1922.

— Expérimentation de la fatigue ouvrière en tant que méthode de la détermination scientifique du rendement. *Gigiena Truda* (Hyg. du Trav.), n^os 8, 9, Moscou, 1923.

Eisner (W.). — Die Ermüdung durch Berufsarbeit. *XIV^e Cong. dHyg. et Dém.* Berlin, 1907.

Eloire. — Modifications cardiovasculaires au cours du travail musculaire. Thèse méd. Lille, 1920.

Faillie (R.). — Le moteur humain. *La Nature*, 12 mai 1923.

— Etude sur la physiologie de la marche en descente. Thèse méd. Paris, 1923.

Farmer (E.). — The Economy of human effort in industry. *The Jour. of the Nat. Inst. of ind. Psych.*, Jan. 1922.

— Time and motion study. *J. ind. Hyg.*, vol. IV, n° 5, sept. 1922.

— The value of output curves as a measure of Fatigue. *Brit. Jour. of Psych.*, Jan. 1923.

— Some considerations concerning technique. *Ind. Fat. Res. Board*, 3rd., An. Rep. London, 1923.

Ferranini (L.). — La fatica del cervello e la funzioni vegetativo del organismo. *Atti del II^e Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Firenze, 1909.

— Tossine e antitossine della fatica. *Schr. des IV^e Kong. int. f. Gewerbekrankh.* Wien, 1914. Wien. Hœlder, 1918.

— La patologia professionnale delli apparechio cercolatorio. *Studium*, 1914, n^os 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Ferranini (L.) e Fichera (L.). — Sulla tossine della fatica. *Riforma medica.*, an XXXII, n^os 35-47. *Atti del IV^e Cong. naz. per. le malattie del lavoro.* Roma, 1913.

Fichera. — Ricerche sulla natura delle tossine dell'affaticamento. *Atti del IV^e Cong. naz. per. le malattie del lavaro.* Roma, 1913.

Finkelstein (W.) Williams (J. F.). — Correlation of efficiency Tests. *Jour. of the Am. Med. Ass.*, n° 19, 13 mai 1922. Chicago.

Fisher (B.). — Mental causes of accidents. London, 1922.

Fisk. — Fatigue in Industry. *Am. Jour. of Publ. health.*, mars 1922, n° 3. Chicago.

Flack (M.). — Simple tests of physical efficiency. *The Lancet*, 1919, I.

— The Endurance or Fatique Test in : Respiration efficiency in relation to health and disease. *The Lancet*, Oct. 1, 1921.

— An estimation of physical fitness in terms of respiration movements of several regions of the chest. *The Lancet*, March 11, 1922.

Florence (S.). — Use of factory statistics in the investigation of fatigue. Colombia University. Studies in history, economics and public law. New-York. London, 1918.

— Methods for field study of industrial fatigue. *U. S. Publ. health rep.*, March. 15, 1918.

Franz (I. S.). — Fatigue factors in certain types of occupation. *XV^e Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Washington, 1912.

Frols (M.). — Etude physiologique du travail de rivetage. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 2. Paris, 1921.

— Les applications de la physiologie à l'organisation du travail. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 3. Paris, 1923.

— L'organisation technique du travail et l'orientation professionnelle. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 4. Paris, 1923.

Frois et Caubet. — Le rendement de la main-d'œuvre et la fatigue professionnelle. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 1. Paris, 1919.

Galeotti (G.). — Un nuovo apparecchio per determinare graficamente la pressione arteriosa nell' uomo. *Riforma medica*, anno. XXXVI, n° 26.

— L'ergoestesiografo. Un apparecchio destinato a reppresentare graficamente le attitudini e regolare gli sforzi muscolari. *R. Acad. dei Lincei*, Vol. XXXVII, sér. 5, sed del 19 maggio, 1918.

— Pressione sanguigna e aviazione. *R. Acad. dei Lincei*, vol. XXXVII, sér. 5, sed del 1e dic., 1918.

Gellhorn. — Uebung und Ermüdung. I. und II. Mitteilung. *Pflüg. Arch.*, vol. 189, nos 1 et 3, 1922. Berlin.

Gilbreth (F.). — Motion study. New-York, 1911.

— Fatigue Study. London, 1916.

Giuffrè (L.). — Sullo sforzo del cuore (Il cuore nei pescivendoli di Sferracavallo). Palermo, 1908.

— Sullo sforzo del cuore. *Atti del IVe Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Roma, 1913.

Gley. — Les bases scientifiques de l'orientation professionnelle. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 4. Paris, 1923.

Glibert (D.). — Les méthodes actuelles d'évaluation de la fatigue dite « industrielle » et les moyens d'éviter la fatigue improductive. Min. de l'Ind. et du trav. Belgique. *Bull. du Serv. méd. du Trav.*, nos 3 et 4. Bruxelles, 1921.

— Memento d'hygiène industrielle à l'usage des surintendances d'usine. Min. de l'Ind. et du Trav. Belgique. *Bull. du Serv. méd. du trav.*, nos 1 et 2. Bruxelles, 1922.

Gobbi (G.). — Albuminurie gravi e glucosuria da fatica. *Riv. Crit. Clin. Med.*, 29 Apr. 1905.

Goldmark (J.). — Fatigue and efficiency. New-York, 1912.

— The study of fatigue ant its applications to industrial workers. *XVe Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Washington, 1912.

Goldmark (J.), Hopkins (M. D.), Florence (S.), Lee F. Ryan (A. H.). — Comparison of eight hour plant and ten hour plant. *U. S. Pub. health Bull.*, n° 106. Washington, Feb. 1920.

Hastings (A. B.). — An investigation of changes in the Blood and urine resulting from fatigue. *U. S. Pub. health rep.*, volume XXXIV, n° 31, August 1, 1919.

Hastings (A. B.). — The physiology of fatigue. Physico chemical manifestations of fatigue in the Blood. *U. S. Pub. health Bull.*, n° 117, May 1921.

Hambly (W. D.), Hunt (G. G.), Parker (L.), Pembrey (M.), Warner (E.). — Tests for physical efficiency. *Guy's hosp. rep.*, vol. LXII, n° 4, Oc. 1922.

Hayhurst (E. R.). — Points on the detection of industrial. Fatigue and measures for its possible complete elimination. *Jour. of. ind. Hyg.*, Nov. 1920.

Heald (C. B.). — On the value of respiration exercices. *The Lancet*, August 1922.

Henri (V.). — Travail physique et travail psychique. *An. psych.*, vol. III, p. 232.

Herrick (W.). — Functional tests of the circulation and their signification. *New-York St. Journ. of Medicine*, Feb. 1921.

Hill (L.) et Campbel (J.). — The physiological cost of muscular work. *Brit. Med. Journ.*, May 21, 1921.

Holtzmann. — Ermüdungsmessungen in : *Jahresber. des badischen Gewerbe-aufsichtsamtes für das Jahr, 1919*. Karlsruhe, 1920.

Holmes (W. H.). — The incompetent heart and industrial accident. *The Nations' Health.*, vol. IV, n° 3, March 15, 1922.

Hoxie. — Scientific management and labour. London, 1918.

Imbert (A.). — Fatigue professionnelle et accidents du travail. *Rev. Ind.*, 1904. Paris.

— Recherches sur la manœuvre du cabrouet et la fatigue qui en résulte. *Bull. Insp. trav.* Paris, n°s 13-14, 1905.

— Nouvelles statistiques d'accident du travail. *Rev. scient.*, 21 oct. 1905.

— Le surmenage par suite du travail professionnel. *XIV^e Cong. d'Hyg. et Démog.* Berlin, 1907.

— Le surmenage professionnel. *An. psych.*, 1908, vol. XIV, p. 237.

— Etude expérimentale du travail de transport de charges avec une brouette. *Bul. d'Insp. du trav.*, 1909.

— Les méthodes de laboratoire appliquées à l'étude directe et pratique des questions ouvrières. *Rev. gén. des Sc.*, 1911.

Imbert et Mestre. — Recherches sur la manœuvre du cabrouet et de la fatigue qui en résulte. *Bul. d'Insp. du trav.*, 1905.

— Statistique d'accidents du travail. *Rev. Sc.*, juin 1906. Paris.

Industrial Fatigue Research Board. — Séries des Rapports doc. et rapports annuels. First annual Rep. London, 1921. 2nd annual Rep. London, 1922. 3rd annual Rep. London, 1923.

Ioteyko (J.). — Rapport sur la fatigue. *XIII^e Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Bruxelles, 1903.

— La fonction musculaire. Paris, 1909.

— Article « Fatigue » du Dictionnaire de physiologie de Charles Richet, vol. VI. Paris, 1904.

— La science du travail et son organisation. Paris, 1917.
— La fatigue. Paris, 1920.
Irving (S.). — The importance of seating ant its relations to fatigue and production. *Ind. Managment*, June, 1922.
Mac Kail (D.). — Industrial Fatigue and vocational selection. *Brit. med. Jour.* August, 26, 1922.
Kent. (S.). — Interim Report of an investigation of industrial Fatigue by physiological methods. London, 1915.
— Second interim report on an investigation of industrial Fatigue by physiological methods. London, 1916.
— Place of government in Fatigue elimination. *The Nation's Health*, n° 2, 1923. Chicago.
Kestner (O.) und Knipping (H.). — Die Ernæhrung bei geistiger Arbeit. *Med. Klin. Wochsch.*, 1922, Bd. I, n° 27.
Kimura (R.). — Ermüdungstudien bei genau bemessener kœrperlicher Arbeit. *Zeitsch f. Hyg. und Infectionskr.* Bd. 98. Berlin.
Kitson (H. T.). — The critical age as a factor in labor turnover. *Jour. of ind. Hyg.*, sept 1922.
Kober and Hanson. — Diseases of occupation and vocational Hygiene. Philadelphia, 1916.
Koelsch (F.). — Das Ermüdungs-Problem. *Beitr. der Jahrskurze f. artz. Fortbildung*. H. 9, 1922. München.
Korff Petersen. — Untersuchungen über Kenotoxin. *Zeitschr. Hyg.*, Bd. LXXVIII, n° 37, 1914.
Kraus. — Die Ermüdungs als Maass der Konstitution. *XIII^e Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Bruxelles, 1903.
Labaeye. — Contribution à l'étude critique expérimentale de l'ergographie par la méthode de Mosso. Thèse Méd. Bordeaux, 1917.
Lagrange (F.) et de Grandmaison (F.). — La fatigue et le repos. Paris, 1912.
Lahy (J.-M.). — Recherches sur les conditions du travail des ouvriers typographiques composant à la machine dite linotype. *Bul. d'Insp. du Trav.* Paris, 1910.
— Les signes objectifs de la fatigue dans les professions qui n'exigent pas d'efforts musculaires. *C. R. Acad. Sc.*, T. 158, 1914, p. 727-729.
— Les effets comparés sur la pression du sang de la fatigue physique produite par une marche prolongée et la fatigue psychique résultant d'un travail d'attention. *C. R. Acad. Sc.* Paris, 1914, p. 191.
— Présentation d'un appareil portatif pour l'étude des échanges respiratoires. *III^e Cong. int. des maladies prof.* Vienne, 1914 ; Vienne, Kœlder, 1918.
— Le travail des dactylographes et des imprimeurs travaillant à la

machine à composer dite linotype. *III*e *Cong. int. des maladies prof.* Vienne, 1914. Hœlder, 1918.

Lahy (J.-M.).— Comment peut-on déterminer scientifiquement la fatigue chez les ouvriers qui n'accomplissent pas d'efforts musculaires. *III*e *Cong. int. des mal. prof.* Vienne, 1914 ; Vienne, Hœlder, 1918.

— Le système Taylor et la physiologie de travail professionnel, 1916. Masson et Cie. Paris.

Lahy et Helitas. — Les modifications des échanges respiratoires sous l'influence du travail musculaire. *Jour. de. Phys. et Path. gén.*, nov. 1912. Paris.

Langelez.— Un essai d'étude scientifique du travail dans les mines. Min. de l'Ind. et du Trav. *Bull. du Serv. Méd. du Trav.* Belgique, nos 3 et 4. Bruxelles, 1920.

Langlois (J.-P.). — Dans : Ministère de la Guerre. Projet de règlement général d'éducation physique. Annexe : Rôle du médecin dans l'éducation et la rééducation physique. Paris, 1921.

Lapicque (L.). — Introduction au test de fatigue musculaire basé sur la chronaxie. Institut Lannelongue. Notes et Mémoires, n° 2. Paris. 1921.

Lapicque (L.) et Lapicque (M.). — Modifications de l'excitabilité musculaire par la fatigue. Institut Lannelongue. Notes et Mémoires, n° 2. Paris, 1921.

Larguier des Bancels. — Essai de comparaison sur les différentes méthodes proposées pour la mesure de la fatigue intellectuelle, *Ann. Psych.*, 1898 et 1899.

Laufer (R.). — Les bases médico-sociales de l'orientation professionnelle. *Rev. scient.*, n° 16, 26 août 1922.

— Les bases de l'orientation professionnelle. *Revue scient.*, 22 nov. 1922.

Ledent (R.). — L'éducation physique basée sur la physiologie musculaire. Paris, 1923.

Léger (A.). — Contribution à l'étude des critères oscillométriques considérés comme critères d'entraînement en éducation physique. Thèse méd. Bordeaux, 1914.

Lee (F. S.). — Fatigue. Philadelphia, 1906.

— Fatigue and occupation in : Kober and Hanson : Diseases of occupation. Philadelphie, 1916... (Cet article contient une grosse bibliographie).

— Industrial efficiency. The bearing of physiological science thereon : a review of recent work. *U. S. Pub. Health. Bull.*, n° 448. Jan. 1918.

— Effects of temperature and humidity of Fatigue. *XV*e *Cong. on Hyg. and Dem.* Washington, 1912.

— The new science of industrial physiology. *U. S. Pub. Health. Bull.*, n° 513. Apr., 1919.

— The human machine in industry. Columbia Univ. Quart., jan. 1918.
— The human machine and industrial efficiency. New-York, 1918.
— Some phases of industrial Fatigue. *Amer. Jour. Phys.*, 45. 535, 1918.
Lee (K.), Fleischer (A.), Seymour (L.). — The human factor in industry. New-York, 1920.
Lee (F. S.) et van Buskirk (J. D.. — Examination of certain proposed tests for Fatigue. *Amer. Jour. Physiol.*, vol. 63, p. 185, jan. 1923. Baltimore.
Levitzky (V.). — Le travail intellectuel et la fatigue. *Obchtestwenoj Vratch* (Le médecin social), n° 2, 1922. Moscou.
— Recherches sur la fatigue parmi des groupes d'ouvriers. *Gigiena i Epidemologia*, n° 2, 1922. Moscou.
Ley. — Influence de la fatigue et de l'alcool sur l'intensité de l'illusion de poids. Ac. Royale de Méd. de Belgique, V, série III, 65, janv. 1923.
Lian (C.). — Epreuve d'aptitude cardiaque à l'effort. *Press. méd.*, Paris. 7 déc. 1916.
— Troubles cardiaques des soldats en campagne *Jour. Méd. fr.* Paris, mai 1918.
— De l'interprétation de l'épreuve d'aptitude cardiaque à l'effort. *Gaz. des Hôp.* Paris, 15 mai 1919.
Liebermann (L.) und Acel (D.). — Uber Resistenzaenderungen der roten Blutkœrperchen bei physischer Arbeit. *Zeitsch. f. Hyg. et Infektionskr.*, Bd. 99, n° 11. H. Berlin, 1923.
Linck (H). — A practical study in industrial fatigue. *Jour. of ind. Hyg.*, sept. 1919.
Maggiora. — Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme. *Arc. ital. biol.*, XIII, 1890.
Magne (H.). — Recherches sur les modifications des phénomènes respiratoires que produit chez l'homme le travail musculaire. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 2. Paris, 1921.
— Les modifications des échanges respiratoires pendant l'exercice musculaire (leur utilisation pour l'étude du travail des ouvriers d'industrie ; rendement, fatigue, et entraînement, aptitude professionnelle). Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 3. Paris, juin 1922.
— Le rôle de la physiologie dans l'orientation professionnelle. Institut Lannelongue, notes et mémoires, n° 4. Paris, 1923.
Martin (E. C.). — Strength tests in industry. *U. S. Pub. Health Rep.* August 13, 1920, n° 33.
Martin (C. J.). — Muscular Work and hot climates. Pan. Pac. Sc. Cong. Sydney, 1923. *The Med. Jour. of Australia*, 29 sept. 1923.
Maublanc et Ratié. — Guide pratique pour l'examen médical des candidats à l'aviation et des pilotes. Paris, 1920.

May (P.). — Variations de la formule sanguine sous quelques influences physiologiques. Thèse méd. Paris, 1923.

Mendenhall (W. L.). — The effect of Fatigue on the heart and cardioskeletal quotient. *Am. Jour. Phys.*, fév. 1919.

Miles (W. R.). — A pursuit pendulum. *Psych. Rev.*, n° 5, sept. 1920.

— The pursuit meter. *Jour. of. Exper. Psych.*, vol. IV, n° 2, Apr. 1921.

— Static Equilibrium as a Useful Test of Motor Control. *Jour. of Ind. Hyg.*, vol. III, n° 10, 10 fév. 1922. Boston.

Ministry of Munitions. — Health of munition Workers committee. Rep., n° 7. Industrial Fatique and its causes, 1916. Interim Rep. Ind. Efficiency and Fatigue, 1917. Final Rep. Ind. Health and Efficiency, 1918. Handbook on the health of the munition Worker, 1917. London.

De Moor. — De quelle manière peut-on par des méthodes physiologiques étudier la fatigue, ses modalités et ses causes. *XIII° Cong. d'Hyg. et Dém.* Bruxelles, 1903.

Mosso. — La fatigue intellectuelle et physique (Trad. J. P. Langlois). Paris, 1894.

Mumford (A.). — Estimation of physical fitness in terms of the respiratory movements of several regions of the chest, *The Lancet*, March. 11, 1922.

Munsterberg. — Psychology and industrial efficiency. Boston, 1913.

Muscio (B.). — Lectures on industrial psychology. London, 1920.

— Fluctuations in mental efficiency. *Brit. Jour. of Psych.*, vol. X, Part. 4, July 1920.

— Is a fatigue test possible. *Brit. Jour. of Psych.*, vol. XII, Part. 1, June 1921.

— Feeling tone in industry. *Brit. Jour. of Psych.*, vol. XII, Part. 2, 1921.

— Vocational Guidance (A review of the litterature). *Ind. Fat. Res. Bd.* Rep., n° 12. London, 1921.

— On the relation of Fatigue and accuracy to speed and duration of Work. *Ind. Fat. Res. Bd. Rep.*, n° 19 (Part. B). London, 1922.

— Motor capacity with special reference to vocational guidance. *Brit. Jour. Psych.*, vol. XII. Part. 2, 1922.

Muscio (M.) and Eyre (A.), — The measurement of physical strength with reference to vocational guidance. *Ind. Fat. Res. Bd. Rep.*, n° 16. Three studies in vocational selection. London, 1922.

Myers (Ch.). — Present day application of psychology with special reference to industry education and nervous breakdown. London, 1918.

— Industrial overstrain and lecture on industrial administration. London, 1920.

— Mind and Work. London, 1920.

— Industrial Fatigue. *The Lancet*, 22 j. 1921.

— The efficiency engineer and the industrial psychologist. *The jour. of the nat. inst. of ind. Psych.*, janvier 1923. London.

— The human side of industry. *The jour. of the nat. inst. of ind. Psych.*, oct. 1923. London.

Nadal (P.). — L'éducation musculaire dans le travail. *Bul. de la Ch. des Métiers de la Gironde et du Sud-Ouest*, vol. IV, nos 27 à 29, 1923. Bordeaux.

Newman (B. J.). — Shop standards and Fatigue. *Modern Medicine*, Feb. 1921.

Nicholls (E. R.) and Spaeth. — The relation between Fatigue and the susceptibility of guinea pigs to infections of type I pneumococcus. *Amer. Jour. of Hyg.*, sept. 1922.

Nikolaï und Zuntz. — Herz und Arbeit. *Berl. Klin. Woch.*, 1914, n° 18.

Nissim (M.). — Il volume del cuore durante e dopo la fatica. *Atti del IVe Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Roma, 1913.

Oliver (Th.). — The physiology and pathology of Work and Fatigue. In Oliver, Dangerous Trades. London, 1902.

— Diseases of occupation. London, 1908.

— Industrial Hygiene : its rise, progress and opportunities. *Brit. Med. Jour.*, July 23, 1921.

— Alcohol in relation to industrial Hygiene and efficiency. *The Jour. of state Med.*, XXX, n° 6, June 1922.

Oppenheimer (E. A.) and Spaeth (R. A.) — Relation beteween fatigue and susceptibility of rats towards a toxin and an infection. *Am. Jour. of Hyg.*, vol. 2, no 1, p. 51, jan. 1922. Baltimore.

Orenstein (A.) and Ireland (H.). — Experimental Observations upon the Relation between Atmospheric Conditions and the Production of Fatigue in Mine Laborers. *Jour. of Ind. Hyg.*, May 1922, p. 30. Boston.

Osborne and Vernon. — The influence of temperature and other conditions on the frequency of industrial accidents. *Ind. Fat. Res. Bd. Rep.*, 19 (Part. A.).

Pachon (V.). — Education physique et critères fonctionnels. Les variations de la pression artérielle. Critères d'entraînement. *C. R. Soc. Biol.*, 21-28 mai 1910.

— L'oscillométrie. *Jour. Med. fr.*, sept. 1919.

Palacios (A. I.). — La fatiga y sus proyecciones sociales. Talleres Graficos Argentinos, de L. J. Rosso y Cia. Buenos-Ayres, 1922.

Palmulli (V.). — Modificazioni quantitative ed istologiche dei corpuscoli del sangue nel lavoro muscolari. *Atti del IVe Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Roma, 1913.

Patrizi (M. L.). — Uno strumento (ergostellografo) per misurare ne uomo la fatica dei muscoli respiratori. Memoria della *R. Acad. di Sc. Litt. ed Art.* in Modena, série 3, vol. V, 1905.

Patrizi (M. L.). — Nuove ricerche sperimentali di psico-fisiologia del lavoro (manuale e intellettuale). Memoria della *R. Acad. di Sc. Lettere e Arti* di Modena, série IV, vol. I (Sez. Scienze, 1922-1923).

— Dell' autografo cronometrico dell attenzione (prosexigramma) a quello della memoria (mnemogramma) in : Nuove ricerche sperimentali di psico fisiologia del lavoro. Modena, 1923.

Pattison (H. A.). — Fatigue as a Factor in the Cause and Treatment of tuberculous Disease. *Jour. of Am. med. Ass.*, 13 oct. 1923. Chicago.

Petit (F.). — Contribution à l'étude des variations de la pression artérielle après le travail musculaire chez l'individu normal et dans certains cas pathologiques. Thèse méd. Montpellier, 1920.

Petithomme. — Les modifications du rythme respiratoire au cours du travail musculaire. Thèse méd. Lille, 1920.

Philipps (G. E.). — Mental Fatigue. Sydney, 1920.

Pierraccini (G.). — La curva della produzione utile esterna raccolta negli operai manuali ed intellectuali sul campo del lavoro. *Atti del I° Cong. naz del malattie del lavoro.* Milano, 1906.

— Patologia del lavoro e terapia sociale. Milano, 1906.

— Il meccanismo dello sforzo fisico nell' uomo nei rapporti colle oscillazioni di pressione intradominale ed intra polmonare. *Atti del IV° Cong. naz. del malattie del lavoro.* Roma, 1913.

Piéron (H.). — La notion d'exagération du réflexe patellaire et la réflexométrie. *Rev. neurologique*, n° 20, 30 oct. 1910.

— A quoi est dû le phénomène de la stroboscopie rétinienne. *C. R. Soc. Biol.*, 9 juil. 1921.

— Recherches préliminaires sur les signes psycho-physiologiques de fatigue. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 3. Paris, 1922.

— Le rôle de la psychologie dans l'orientation professionnelle. Institut Lannelongue, Notes et Mémoires, n° 4. Paris, 1923.

Pizzoli (U.). — Istituto psicotecnico del lavoro. Modena, Relazione del directore. Modena, 1921.

Poggio. — Sulla reazione del cuore nella fatica e nelle emozioni. *Atti del IV° Cong. naz. del malattie del lavoro.* Roma, 1913.

Preti (L.). — Alterazioni del ricambio nella fatica. *III° Cong. int. des maladies prof.* Vienne, 1914 ; Vienne, Hölder, 1918.

— Fatica e strapazzo. *Il Lavoro*, nov. et déc. 1920.

— Fatica e lesione, dei muscoli papillari del cuore. *Il Lavoro*, 28 Feb. 1923.

Rakestraw (N. W.). — The effect of muscular exercise upon certain common blood constituents. *Jour. Biol. chem.*, August 1921. Baltimore.

— Chemical Factors in Fatigue. II. Further Changes in Some of Blood Constituents following Strenuous Muscular Exer-

cise. *Jour. of Biological Chemistry*. May 1923, p. 121. Baltimore.

Rivers. — Influence of alcohol and other drugs on Fatigue. London, 1917.

Rolandi. — Influenza della fatica sulla percezione dei colori. *Giorn. de R. Acad. di Torino*, 1921, nos 5 et 6. Analysé dans *Il Lavoro*, 20 Feb. 1922.

Romeuf. — Interprétation de la différentielle d'après la courbe oscillométrique, Thèse Méd. Paris, 1922.

Rosenau. — Preventive Medicine and Hygiene. London, 1920.

Roth (E.). — Die Ermüdung durch Berufsarbeit. *XVIe Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Berlin, 1907.

Rubino (C.). — L'arteriosclerosi di origine professionnale : un nuovo metodo per misurare la pressione del sangue. *Io Cong. int. del malattie del Lavoro*. Milano, 1906.

— L'organizzazione igienico-sunitaria del lavoro professionale. Genova, 1919.

Rusher (E.). — The statistic of industrial morbidity in Great-Britain. *J. Roy. Stat. Soc.* vol. 85, no 1 (1922).

Russell Sage Foundation. — Industrial Fatigue. bul. no 24, August 1917 (Contient bibliographie.)

Ryan (A. H.). — The quantitative mesurement of general Fatigue. *Amer. Jour. of Phys.*, vol. XLV, p. 537 (1918) *et U. S. Pub. Heath Report.*, July 25, 1919.

Ryan (A. H.) and Florence (S.). — Rythm and industry. *U. S. Pub. Health Bul.*, no 543, July, 1919.

— Discussion of public Health Bulletin, no 106. *The Jour. of Ind. Hyg.* April 1921.

— Spoiled Work in industry. *The Jour. of the Nat. Inst. of Ind. Psych.*, Jan. 1923.

Ryan (A. H.), Jordan (S.) and Yates (A.). — Muscular tonus in relation to fatigue. *U. S. Pub. Health. Bul.*, no 543, July, 1919.

Sachnine (I.). — Etude sur l'influence de la durée du travail quotidien sur la santé générale de l'adulte. Thèse Méd de Lyon, 1900.

Saffiotti e Sergi. — Lo studio dei tempi di reazione simplice applicato alla determinazione della capacità psichica al lavoro. *Atti del IVe Cong. naz. per le mallatie del lavaro*. Roma, 1913.

Sanctis (S.) (de). — Igiene del lavoro mentale dello scolaro. R. Soc. ital. d'Igiene. Sed., 16 Apr. 1914.

— L'organizzazione scientifica del lavoro mentale. *Riv. ital. di Sociologia*. sept.-déc. 1916.

Sand (R.). — Organisation industrielle, médecine sociale et éducation civique en Angleterre et aux Etats-Unis. Paris-Bruxelles, 1920.

Sandesky. — Ricerche intorno alla curva del lavoro mentale. *Annali d'Ig.* Anno XXVII, fasc. 7, 1917.

Scalfatti (D.). — Alcuni fenomeni che l'affaticamento produce sul sangue e sulle infezioni. *Il Ramazzini*, 1909, n° 675 et *Il Riforma Medica*, t. XVIII, n° 145, 1912.

Scalfatti e Domenico. — Alcuni fenomeni che l'affaticamento produce sul sangue e sulle infezioni *Atti del II° Cong. naz. del malattie del lavoro.* Firenze, 1909.

Schneider (E. C.). — A cardio vascular rating as a measure of physical fatigue and efficiency. *Jour. of the amer. med. Ass.*, 29 May 1920 et 12 March. 1921.

Scott (V.). — The application of certain physical efficiency tests. *Jour. of the amer. med. Ass.*, 12 March 1921.

— The present status of our knowledge of Fatigue products. *U. S. Pub. Health Rep.*, B. 465, 26 Apr. 1918.

Scott (V.) and Hastings (A.). — Some phases of protein catabolism and Fatigue. *U. S. Pub. Health Rep.*, 15 octobre 1920.

Sereni (E.). — I fermenti del sangue nella fatica. Societa Lombarda di Scienze Mediche e Biologiche. Séance 22 juin 1923. Milan.

Sezary (A.). — La ligne blanche cutanée dite surrénale. *Annales de Médecine.* Paris, 1922. n° 5.

Shepard (H.). — Fatigue Tests at Purdue University. *Ind. Manag.* nov. 1921 ; déc. 1922. New-York.

Smith (M.). — The use of sample investigations. *Ind. Fal. Res. Bd.* 3th. An. Rep. London, 1923.

Sorer (R.). — Einiges über die wirtschaftliche Bedeutung des Ermüdungsfrage. *III° Cong. des mal. prof.* Vienne, 1914. Vienne, Hœlder, 1918.

Spaeth. — The Problem of Fatigue. *The Jour. of ind. Hyg.*, vol. I, n° 1, mai 1919 (Cet article contient la bibliographie de la question jusqu'à cette date).

— Prevention of fatigue in industry. *Ind. Manag.*, jan. feb. 1920.

— Reduction of necessary fatigue. *Ind. Manag.*, March. Apr. May 1920.

— Factors determining the length of the work day. *The Nation's Health.* August 15. 1922.

Spooner (H.J.). — Industrial Fatigue. London, 1917.

— Health Problems involved in Noise and Fatigue. *The Nation's Health*, Feb. 1922, n° 2. Chicago.

Starling (E. H.). — An adress on heart problems. Effect of fatigue. *The Lancet.*, 10 déc. 1921.

— La legge del cuore nella fatica. *Patologica,* n° 344. Riass. in Lavoro, n° 3, 1923. Milano.

Stiles (G.). — Types of fatigue. *Amer. jour. Pub. Health.* Aug. 1920.

Stoner (.W). — Notes on basal metabolism : III., Errors of clinical déterminations. *Boston Med and Chir. Jour.* Aug. 16, 1923.

Tarabini (L.). — Il volume del cuore sano nella fatica nello sforzo fisico. *Atti del III^e Cong. naz. del malattie del lavoro.* Torino, 1911.

— Cardiopatie del lavoro. Modena, 1912.

Taylor. — The principales of scientific management. New-York, 1911.

Tedeschi (E.). — Influenza della fatica muscolare sopra il comportamento funzionale del sistema nervoso vegetativo negli individui con sindromi basedoviani. *Atti del IV^e Cong. naz. del malattie del lavoro.* Roma, 1913.

— Fatica muscolare sistema nervoso vegetativo. *III^e Cong. int. des mal. prof.* Vienne, 1914 ; Hœlder, 1918.

Toulouse et Piéron. — Technique de psychologie expérimentale. Paris, 1911.

Trèves. (Z.). — Rapport sur la fatigue. *XIII^e Cong. int. dHyg. et Dém.* Bruxelles, 1903.

— Travail, fatigue, effort. *An. Psych.*, 1906.

— Le surmenage par suite du travail professionnel. *XIV^e Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Berlin, 1907.

— Fisiologia del lavoro. Milano, 1908.

Underhil (F.) et Benedict (R.). — The influence of benzol upon certain aspects of metabolism. *Jour. of ind. Hyg.*, March 1923.

United States National Safety Council. — Pratical Methods for reducing fatigue. *Safe Practice Pamphlets*, n° 50. Chicago, 1922.

Vallardi. — La produzione degli anticorpi negli animali affaticati. *Atti del III^e Cong. naz. per le malattie del lavoro.* Torino, 1911.

— Ricerche immunitarie nella fatica sperimentale. *Patologica*, 15 maggio 1912.

Vaquez. — Etude électromyographique des principaux réflexes tendineux. Soc. neurol. Paris, 11 janv. 1923. *Paris médical*, 17 fév. 1923.

Verne (H.). — Historique du travail humain. *Technique moderne*, 1^er mai 1924.

Vernon (H.). — An investigation of the factors concerned in the causation of industrial accidents. *Health of Mun. Work. Com. Mémo.*, n° 21. London, 1918.

— The influence of atmospheric conditions on industrial efficiency. *J. State Med.* XXIX, 353 (1921).

— Influence of Fatigue on Health and Longevity. *Jour. of ind. Hyg.*, July 1921.

— Industrial efficiency and fatigue. In Collis : the industrial Clinic. London, 1921.

— Industrial fatigue and efficiency. London, 1921.

— Atmospheric conditions in industry. *J. of ind. Hyg.*, vol. IV, n° 8 (1922).

— The influence of rest pauses and the change of posture on the capacity for muscular work. *Jour. phys.*, vol. LVI, n° 6, 1922.

Vernon (H.). — A note on the causes of output limitation. *Jour. nat. inst. ind. Psych*, Jan. 1923.

Villemin (W.). — Les réactions cardiovasculaires passagères et permanentes de l'aviateur, jugées par les critères d'entraînement. *C. R. Soc. Biol.*, 21 juin 1919.

Visbecq (M.). — Physiologie de la Fatigue. Influence de la fatigue sur la morbidité. Arch. de Méd. et de Pharmacie militaires, vol. LXXV, n° 1.

Waldsburger (J.). — Le problème de la fatigue dans l'industrie. *Vie tech. et ind.*, vol. III, n°s 31 et 32. p. 25-27 et 95-97, 1922.

Waller (W) and Decker (G. de). — The Physiological Cost of muscular Work measured by the exhalation of carbon dioxide. *Brit. Med. J.*, May 7, 1921.

Watts (F.). — An introduction to the psychological Problems of industry. London, 1921.

Weichardt. — Moderne Ermüdungsforschung. *III*e *Cong. int. des malad. prof.* Vienne, 1914. Vienne, Hœlder, 1918.

Weiss (M.). — Physiologie générale du travail musculaire et de la chaleur animale. Paris, 1909.

— Recherches physiologiques et cliniques sur la pression capillaire. *Presse médicale*, 3 mars 1923.

Wells (F), Kelley, Gardner, Murphy. — Effects simulating Fatigue in simple Reactions. *J. Exp. Psych.*, vol. IV, n° 2, Ap. 1921.

Weston (H.). — A note on machine design in relation to the operative. *Ind. Fat. Res. Bd.* 3th. An. Rep. London, 1923.

Whipple. — Manual of mental and physical tests. Baltimore, 1914.

White (W.). — Some considerations regarding the factor of Fatigue with reference to industrial conditions. *XV*e *Cong. int. d'Hyg. et Dem.* Washington, 1912.

Wilson (D.). — Some effects of environment on efficiency and safety. *J. Roy. San. Inst.*, vol. XLII, n° 3.

— The work of the industrial Fatigue Research Board. *J. Roy. Soc. Arts.*, LXX, 3·660.

— The Problem of industrial Fatigue. *Psych.*, vol. III, n° 3, 1923. London.

— The need for international cooperation in industrial Fatigue and Psychology, *J. of the nat. inst. of ind Psych.*, Oc. 1923.

Wolff (F.). — Ermüdung und Uebermüdung. *Arch. f. Hyg.* Bd. XCI, H. 3-4, S. 99-142.

Wolfson (Th.). — Lessened ability to distinguisch colors a sign of Fatigue. *Jour. Amer. Med. Ass.*, 16 déc. 1922. Chicago.

Wyatt (S) and Weston (H.). — A Fatigue test under industrial conditions. *Brit. Jour. of Psych.*, vol. X, part. 4, 1920.

Yoakum and Yerkes. — Army mental tests. New-York, 1919.

Zuccola. — Sulle modificazioni del volume del cuore da fatica in

conditioni normali e patologiche. *Atti del IIIe Cong. naz.per le malattie del lavoro.* Torino, 1911.

Zuntz. — Rapport sur la fatigue. *XIIIe Cong. int. d'Hyg. et Dém.* Bruxelles, 1903.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples, et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs et à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

Imp. de la Faculté de Médecine, JOUVE & Cie, 15, rue Racine, Paris. — 6206-24